

ISSN: 2530-6561
2024ko azaroa
Bilbao

hegoak zabalduz

Hegoa, Nazioarteko
Lankidetzeta eta
Garapenari Buruzko
Ikasketa Institutua

Universidad del
País Vasco /
Euskal Herriko
Unibertsitatea
UPV/EHU

Inurriak baikinan. Kolapsoa ez da saihestezina gizarte konplexuetan

Gorka Bueno

Inurriak baikinan. Kolapsoa ez da saihestezina gizarte konplexuetan

Gorka Bueno.

UPV/EHUko irakaslea, Ekopol ikerketa-taldeko kidea.

gorka.bueno@ehu.eus

Aurkibidea

1. Sarrera	8
2. Zer da kolapsoa?	9
3. Kolapsoa modelizatzen	11
4. Inurriengandik zerbait ikas dezakegu?	17
5. Konplexutasunaren kolapsoari buruzko Bardi et al.-en modelo osatuz	19
6. Laburpena eta ondorioak. Kolapsoa ez da saihestezina gizarte konplexuetan	30
7. Erreferentziak	33

Erredakzio kontseilua

Zuzendaritza: Iker Etxano
Irati Labaien

Kideak: Eduardo Bidaurretzaga
Xabier Gainza
Amaia García
Itziar Mujika
Unai Villena
Iker Zirion

hegoak zabalduz euskarazko material bildumak ikuspegi zabal batetik garapenarekin lotutako askotariko gaiak jorratzea du helburu. Testuak didaktikoak eta dibulgazio mailakoak dira, eta gaien inguruko sarrera edo ikuspegi orokorra ematen dute.

[Inurriak baikinan. Kolapsoa ez da saihestezina gizarte konplexuetan](#)

Egilea: Gorka Bueno

hegoak zabalduz - 36. zk. 2024ko azaroa

ISSN: 2530-6561



www.hegoa.ehu.eus

UPV/EHU. Zubiria Etxea
Lehendakari Agirre Etorbidea, 81
48015 Bilbao
Tel.: 94 601 70 91
hegoa@ehu.eus

UPV/EHU. Carlos Santamaría Zentroa
Elhuyar Plaza, 2
20018 Donostia-San Sebastián
Tel. 943 01 74 64
hegoa@ehu.eus

UPV/EHU. Arabako Campuseko Liburutegia
138. posta-kutxa
Nieves Cano, 33
01006 Vitoria-Gasteiz
Tel. 945 01 42 87
hegoa@ehu.eus

Diseinua eta Maketazioa: Marra, s.l.

hegoak zabalduz material bilduman argitaratzen diren testu guztiak,
Creative Commons en lizentzia honekin argitaratzen dira:

Aitortu-EzKomertziala-LanEratorririkGabe 3.0 Espainia.

Lizentzia osoa:



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.eu>

Finantzatzailea:



Gipuzkoako Foru Aldundia
Kultura, Turismo, Gazteria eta Kirol Departamentua
Departamento de Cultura, Turismo, Juventud y Deportes

Inurriak baikin. Kolapsoa ez da saihestezina gizarte konplexuetan

Laburpena: Joseph A. Tainter antropologo eta akademikoak 1988an argitaratutako liburu batean defendatu zuen gizarte konplexuak kolapsora behartuta daudela konplexutasunaren errendimendu beherakorrak direla eta. Ondoren, Ugo Bardi irakasleak gidatutako talde batek kolapsorako joera hori egiaztatu du, sistemen dinamikaren modelo simple baten bidez, ekonomia zirkularrik eta energia berriztagarrien aprobetxamendurik gabeko gizarte batean.

Ugo Bardiren taldearen analisi-esparrutik atera gabe, lan honek erakusten du, ordea, gizarte konplexu bat egoera egonkorrean eta kolapsotik urrun mantendu daitekeela baliabideen zirkulartasun-maila nahikoa lortzen badu, energia berriztagarriaren fluxuen aprobetxamenduan oinarriturik. Era berean, ezinbestekoa da zibilizazioaren funtzionamenduak berrelikadura negatiboak izatea, ekonomiaren hazkundera kontrolatuz, egoera egonkorraren lorpena eta ezegonkortasunen aurreko erresilientzia bermatzeko.

Inurriek adibide eder bat ematen digute: posible da sistema sozial konplexu bat lortzea, ingurunean inpaktu handia baina onuragarria duena. Konplexutasunak aukera eman die inurriei hamarnaka milioi urtez eboluzionatzeko, kolapsoa saihestuz.

Egungo zibilizazioaren kolapso-arriskuaren arrazoi nagusia ez da konplexutasuna, ezta ekonomiaren tamaina ere. Kolapsoa saihesteko, zirkularitatea handitu behar da, eta, batez ere, berrelikadura negatiboen bidez kontrol-mekanismoak sortu behar dira, egoera egonkor eta iraunkor batera eramango gaituztenak, non giza zibilizazioak bere beharrak ase ahal izango dituen, planetaren gainerako funtzionamenduarekin modu bateragarrian eta koherentean.

Abstract: The anthropologist and academic Joseph A. Tainter argued, in a book published in 1988, that complex societies are bound to collapse due to diminishing marginal returns of complexity. Subsequently, a team led by Professor Ugo Bardi has verified this tendency to collapse in a simple system dynamics model of a society without a circular economy or renewable energy use.

Without leaving the framework of analysis of Ugo Bardi's team, this work shows, however, that a complex society can remain in a steady state and away from collapse if it achieves a sufficient degree of circularity of resources, sustained on the use of renewable energy flows. It is also essential that the functioning of civilization presents negative feedbacks that, by controlling the growth of the economy, guarantee the achievement of steady state and resilience to instabilities.

Ants offer us a beautiful example that it is possible to achieve a complex social system with an enormous but beneficial impact on the environment, and that complexity also allows to evolve over tens of millions of years avoiding collapse.

The main cause of the risk of collapse of the current civilization is not the complexity or size of the economy. Avoiding collapse requires increasing circularity and above all creating control mechanisms through negative feedbacks that will lead us to a sustainable steady state, in which human civilization can satisfy its needs in a way that is compatible and coherent with the functioning of the rest of the planet.

1. Sarrera

Mende erdi baino gehiago igaro da jada hazkundearen mugei buruzko txosten famatutik (Meadows et al., 1972). Txosten horrek, World3¹ modelo informatikoa erabiliz, etorkizuneko agertoki bat aurkezten zuen (beste batzuen artean), zeinean baliabide naturalen gehiegizko erabilera gertatuko litzateke; horren ondorioz baliabide horiek pixkanaka agortuko lirateke; ondoren, nekazaritza- eta industria-ekoizpena kolapsatuko litzateke, eta, azkenik, giza populazioa bat-batean murriztuko litzateke. Giza jarduera planetak modu jasangarrian sustenga ditzakeen mugetatik harago eramaten ari da zibilizazio modernoa. Lan honen lehen zatian azalduko dugu egile batzuen iritziz zibilizazioaren kolapsoa zer den, zer azalpen ematen duten horretaz, eta planteatzen zaigun dilemaren aurreko zenbait jarrera. Ikusiko dugu konplexutasunaren kontzeptua behin eta berriro agertzen dela, bai kolapsoaren kausak aztertzean, bai haren emaitza, konplexutasuna galtzea, aztertzean. Gizarte konplexuen kolapsoaren modelizazio sinple batekin jarraituko dugu, sistemen dinamikaren ikuspegitik, eta horrek balioko digu kolapsoaren problematikarekin lotutako ideia batzuk nabarmentzeko. Hurrengo atalean ikusiko dugu hazkundearen arazoari eta kolapso-arrisku sistemikoari nola aurre egiten dioten beste sistema natural batzuek –kasu jakin batean oinarrituta: inurriena–, paralelismoak eta ikaskuntzak bilatzen saiatuz. Kolapsoaren arazoari ikuspegi analitikotik aurre egiteko moduari buruzko ondorio batzuekin amaituko dugu, eta ondorio horiek egungo egoerara eramango ditugu. Amaitzeko, ondorio batzuk aterako ditugu: kolapsoaren arazoari ikuspegi analitikotik nola aurre egin eta nola eraman eremu praktikora.

1 <https://en.wikipedia.org/wiki/World3>

2. Zer da kolapsoa?

Zibilizazio-kolapsoa definitzean, egileek konplexutasuna galtzea eta prozesuaren atzeraezintasuna azpimarratzen dute, epe oso luzean izan ezik. Servigne et al.-ek (2020), beste egile batzuk aipatuta, honela definitzen dute kolapsoa: herritarren gehiengo batek jada ez ditu estalita bere oinarrizko beharrianak, printzipioz legeak bermatutako zerbitzuen bidez. Prozesu horrek ez luke ekarriko munduaren amaiera, baina ez litzateke krisi soil bat, zeinetik kalte handirik gabe atera daitekeen, ezta denbora tarte jakin bat igaro ondoren ahazten den hondamendi puntual bat ere, hala nola gerra bat edo katastrofe natural bat. Santiago Muiñok (2023) proposatu du kolapsoa Estatuaren arau-porrot gisa definitzea; "Antropozenoaren testuinguruan huts egindako Estatu" litzateke. Fernández Durán eta González Reyesek (2024) kolapsoa konplexutasunaren galera azkarra dela diote, termino historikoetan. Ulertzen dute orain duguna zibilizazio-krisia dela, egungo hiri-nekazaritza-industria sistemaren kolapsoa ekarriko lukeena, duela 6.000 urte inguru hasi zen zibilizazio menderatzailearen azken etapa. Diamondek (2006) uste du kolapsoa giza populazioaren tamainaren eta konplexutasun politiko, ekonomiko eta sozialaren gainbehera dela, lurralde handi batean eta denbora luze batean. Bardiren arabera (2020), kolapsoa lehen ondo zihoan zerbaiten gainbehera azkar, kontrolik gabe, ustekabeko eta hondagarria da. Egile horren ustez, une honetan gure zibilizazioaren eta, agian, planetaren ekosistema osoaren kolapsoaren arrisku izugarriari aurre egiten ari gara, klima-aldaketaren eta baliabideen agortzearen mehatxu bikoitzaren eskutik.

Egile horietako gehienek, denek ez esatearren, Tainterren (1988) tesia aipatzen dute, gizarte konplexuen kolapsoari buruz: gizarte bat kolapsatu egin da, konplexutasun soziopolitikoaren galera azkar eta nabarmena erakusten duenean. Tainterren ikuspegia arazo soziopolitikoak konpontzeko gizartearen konplexutasun gero eta handiagoak duen paperean zentratzen da. Gizarteek, hazi ahala, arazo ugari dituzte, hala nola janariz eta urrez hornitzea, hondakinak kudeatzea eta biztanleria kanpoko mehatxuetatik babestea. Arazo horien konponbideek gizartearen konplexutasuna areagotzen dute maiz, erakunde eta azpiegitura berriak sortuz. Hala ere, irtenbide askok arazo berriak sortzen dituzte denboran zehar, eta konplexutasuna areagotzen duten arazoak konpontzeko beste ziklo bat sorrarazten dute. Prozesu horrek beheranzko errendimenduen legeari jarraitzen dio, non soluzioen onurak gero eta gehiago murrizten diren haien kostuekin alderatuta. Dinamika horrek arazoak areagotzen ditu eta, azken finean, porrota eta desordena instituzionala dakartza. Sistema konplexuek, gizarteak barne, energia eta materialen fluxu gero eta handiagoak ustiatuz eboluzionatzen dute. Hornikuntza horiek konplexutasun gorakorren eskakizunei erantzuten ez badie, sistema jasanezin bihurtzen da eta kolapsatu egiten da. Tainterren ustez, arazoak konpontzeko konplexutasuna handiagotzen duen ziklo horrek gehiegizko konplexutasuna sortzen du, eta, baliabide eskuragarriak gutxitzeak lagunduta, berak aztertutako gizarte askoren kolapsoa eragiten du, azkenik.

Gizarte konplexuen kolapsoaren izaera saihestezin hori egile askok defendatzen dute. Taibok (2020) bere intuizioa azaltzen du: nekez lortuko dugu kolapsoa saihestea, eta gure asmorik onena haren ondorio negatiboenetako batzuk arintzea, haren agerpena atzeratzea eta kolapsoaren osteko gizartearen prestatzea besterik ez dateke. Fernández Durán eta González Reyesek (2024) konplexutasunaren hazkunde iraunkorrean oinarrituriko sistemen kolapsoak ia saihestezinak direla defendatzen dute, egungo zibilizazioan adibidez, zeinaren kolapsoa Gainbehera Luzea izango litzatekeen (gaztelaniaz *Largo Declive* deritzona).

Kolapsora garamatzaten dinamikak oso lotuta omen daude sistemen konplexutasunarekin, baina, zer esan nahi dugu konplexutasuna diogunean? Mobus eta Kaltonek (2015), beren *Principles of Systems Science* izeneko eskuliburuan, sistema konplexuak maila estruktural eta funtzionalean eredu hierarkikoa dutenak direla diote². Hierarkia horrek aniztasuna dakar hainbat alderditan: sistema osatzen duten elementuena –sistemak hainbat azpisistemaz osatuta daude, eta horiek, aldi berean, beste azpisistema batzuek osatzen dituzte...–; elementu horien arteko eta sistemaren kanpoaldearenganako

2 Egileek esaten duten bezala, konplexutasuna definitzea oso gai konplexua da; horregatik, definizio hori izugarri sinplifikatuta dago.

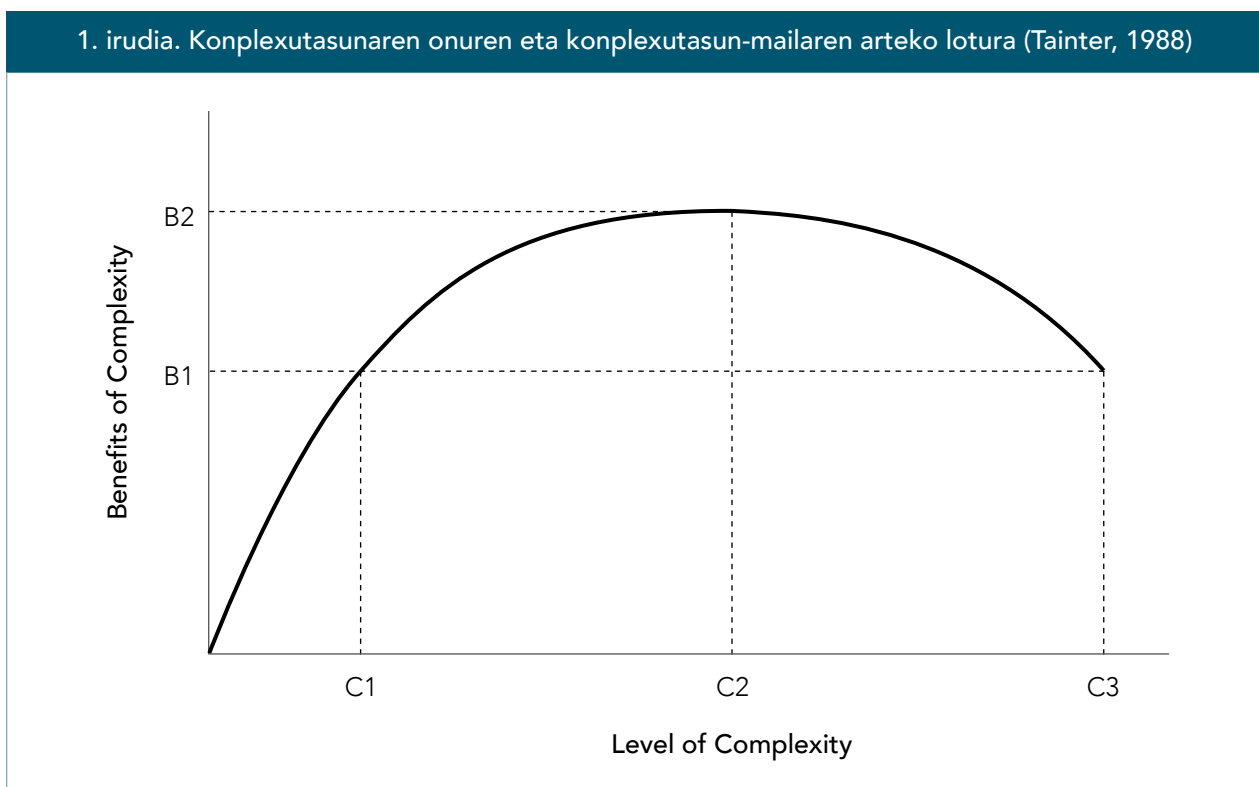
elkarreraginak, energiaren eta materiaren (eta horrekin batera, informazioaren) fluxuen bidez; eta jokabideen aniztasuna ere bai. Hierarkia estruktural eta funtzional bikoitz horren sakontasuna zenbat eta handiagoa izan, orduan eta konplexuagoa da sistema.

Mobus eta Kaltonek (2015) onartzen dute konplexutasuna kaos-iturri izan daitekeela nolabait kontrolatzen ez bada, eta horren adibide gisa jartzen dute gizarte konplexuen kolapsoa, Taintarren tesiari jarraikiz. Autore horiek, hala ere, ñabardura garrantzitsu bat gehitzen dute: organismo bizidunek, sistema konplexuak ere direnek, autorregulatzeko gaitasuna garatu dute, frogatuz konplexutasunak ez duela zertan beti kolapsora eragin behar. Hala ere, izaki bizidunen zahartzearen ondoriozko azken kolapsoa saihestezina da beti. Sistema biologikoak modu sinplean hasten dira, zelula bakarreko enbrioi gisa, eta haien konplexutasuna garatzen dute eragin genetikoaren eta ingurumenekoaren bidez. Hazkuntza eta garapenak berrelikadura fisiologikoko zirkuituen bidez mantendutako zelulen, ehunen eta organoen sistemak sortzen dituzte. Behin heldutasunera iritsita, organismoaren funtzioak garapen-puntu gorenera iristen dira. Denborarekin, termodinamikaren bigarren legeak desoreka fisiologikoak, akats genetikoak eta adinarekin lotutako anomaliak eragiten ditu. Arazo horiek metatu egiten dira, eta seneszentzia eragiten dute. Ondorioz, funtzionaltasunaren pixkanakako gainbehera gertatzen da. Erreduantziak eta egiturazko erresebak gorabehera, organismoek gainbehera horri men egiten diote beti. Hazkuntza-heldutasun-gainbehera ziklo hori ezinbestekoa da izaki bizidun guztientzat (Mobus eta Kalton, 2015). Baina ez dugu ahaztu behar izaki bizidunok ekosistema handiagoen parte garela, eta ekosistema horiek iraun egiten dutela nahiz eta elementu batzuk desagertu; eta antzeko zerbait gertatzen da giza kolektiboekin.

3. Kolapsoa modelizatzen

Historialari eta arkeologo gehienek kolapsoa onartzen dute, baina nahiago dute prozesu konplexua dela pentsatu, kausa eta aldagai ugariak, azalpen miragarriak saihestuz. Middletonek (2017) azken urteotako eztabaidaren errepaso interesgarria ematen digu. Eztabaida hori, neurri handi batean, Tainterren tesiaren aplikazioaren ingurukoa da, konplexutasunak iraganeko zibilizazioen kolapsoetan izan zuen eraginari buruzkoa. Middletonek zibilizazio-kolapsoaren konplexutasuna azpimarratzen du, baita azalpen bakarren edo sinpleen desegokitasuna ere, bereziki ingurumen-azalpenenak. Klima-aldaketa, gizateriak ingurumenean eragindako kalteak eta hazkunde demografikoa kezka moderno larriak dira, baina iraganeko zibilizazioetan proiektatzeak, haren ustez, gehiegi sinplifikatzen ditu zibilizazio horien kolapsoak. Giza ekintzak ere askotarikoak izan daitezke, aldaketa-eragile gisa edo arazoei erantzuteko moduan. Arkeologo batzuek zenbait gertakari kolapso gisa etiketatzea ere zalantzan jartzen dute, eta nahiago dute gertakari horiei eraldaketa izena ematea.

Nolanahi ere, ezin dugu ukatu Tainterrekin adostasun handia dagoela baieztatzen duenean gizarte baten gehiegizko konplexutasuna kolapsoaren arrazoi nagusia dela: gehiegizko konplexutasunak konplexutasun beraren murrizketa azkarra eta funtsezkoa sortzen du. Beraz, gizarte baten konplexutasun-maila izango litzateke jarraitu beharreko aldagaia. Horregatik, ezaguna da ondoko irudia (1. irudia), sistema baten konplexutasunak eragindako onurak erakusten dituena (unitate arbitrarioetan), konplexutasun horren mailaren arabera (unitate arbitrarioetan ere bai).

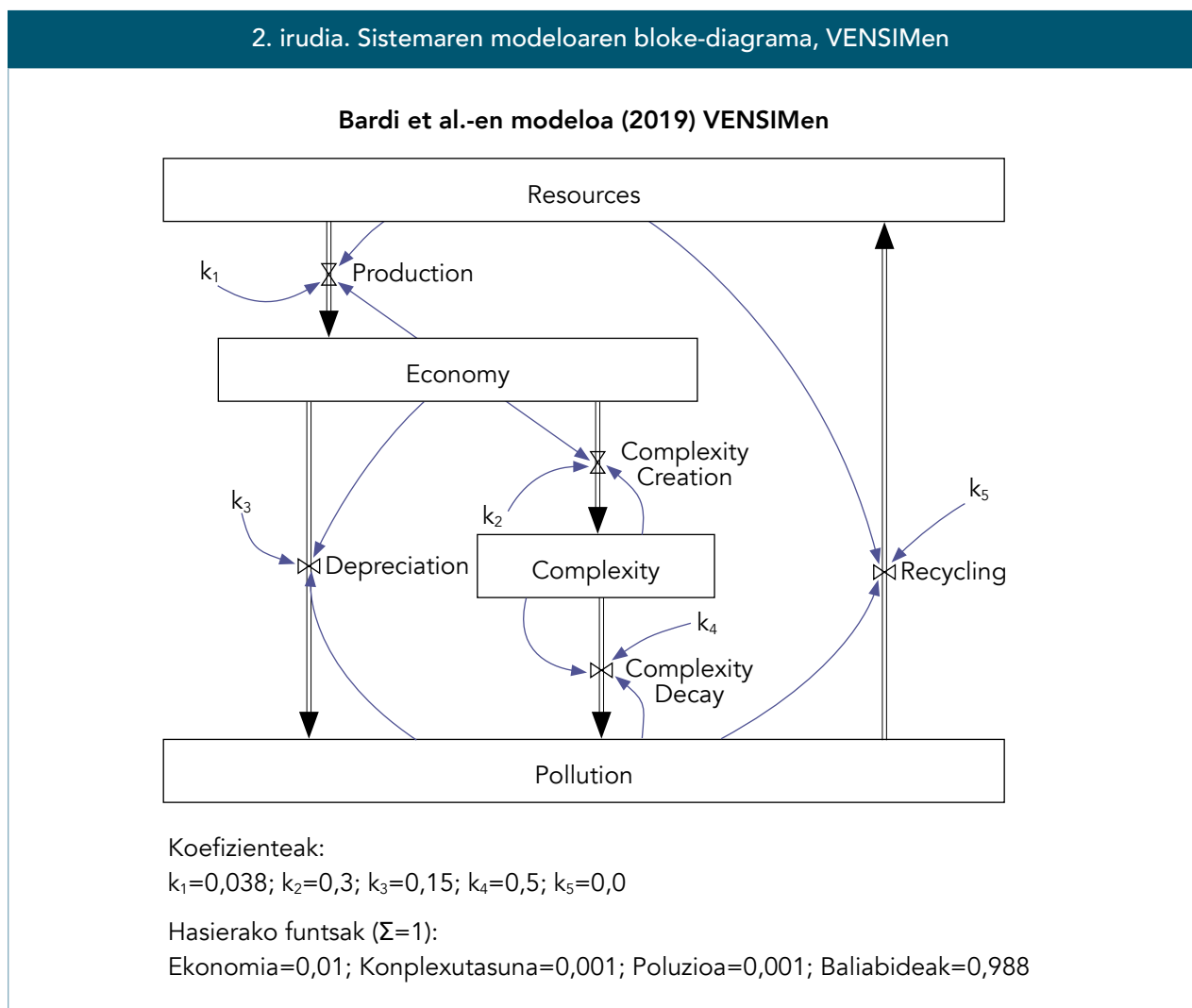


Irudi horrek, ordea, funtsgabatasun bat du. Haren irudi-oinak honela dio "Konplexutasun inkrementalaren produktu marjinala", hau da, konplexutasunaren produktibitate marjinala. Baina irudiak ez du erakusten konplexutasunaren produktibitate marjinala, baizik eta haren produktua edo emaitza, hark dakarren onura. (C2, B2) puntua produktibitate marjinal nuluren puntua da; haren ezkerreko puntuetan produktibitate marjinala positiboa eta beherakorra da –horregatik mozkinaren malda gero eta apalagoa da–, eta haren eskuinaldean negatibo bihurtzen da –eta gero eta negatiboago–. Izan ere, Tainterren tesi nagusia da gizarte konplexuak konplexutasunaren beheranzko produktibitate marjinala duen dinamika baten mende daudela, eta hori da irudian

agertzen dena: kurbaren malda gero eta txikiagoa da, balio positiboagoetatik hasi eta gero eta balio negatiboagoetara pasatuz. Aurrerago, sistema horien konplexutasunaren produktibitate marjinalak zehazki zer itxura duen erakutsiko dugu.

Zorigaitzoko irudi-oin hori desagertu egin zen Tainterren ondorengo lanetan, adibidez (Tainter, 2006). Beste egile batzuek, ordea, 19. irudi hori (Tainter, 1988) erreproduzitu dute: "Konplexutasunaren gehikuntzaren itzulera marjinala", Fernández Durán eta González Reyesek (2024); edo "konplexutasunaren itzulera gutxikorak", Bardi et al.-ek (2019). Azken egile horiek Tainterren ideiak erreproduzitzea lortu dute, sistemen dinamikaren tresnekin garatutako modelo bat erabiliz. Gizarte generiko baten konplexutasunaren beheranzko produktibitate marjinalaren printzipioa konbinatuz baliabide naturalen agortzeak eta kutsaduraren aurkako borroka dakartzaten kostu gero eta handiagoekin, Bardi et al.-ek (2019) Tainterren tesiaren arabera kualitatiboki jokatzen duen modelo bat lortu dute.

Zoritxarrez, egile horiek ez dituzte beren argitalpenean sistemen dinamikaren oinarritutako modelizazioaren xehetasun guztiak ematen, sistemen topologiatik eta parametro batzuen balioetatik haratago. Dokumentazio zehatzagoa eskatu diegu modeloa erreproduzitu ahal izateko, baina ez dugu erantzunik jaso. Hala eta guztiz ere, VENSIM plataforman³ sistema modelizatzea lortu dugu, eskura dugun informazioan oinarriturik (Bardi et al., 2019). 2. irudiak sistema modelizatuaren bloke-diagrama erakusten du VENSIMen, Bardi et al.-i (2019) jarraituz.



3 <https://vensim.com/>

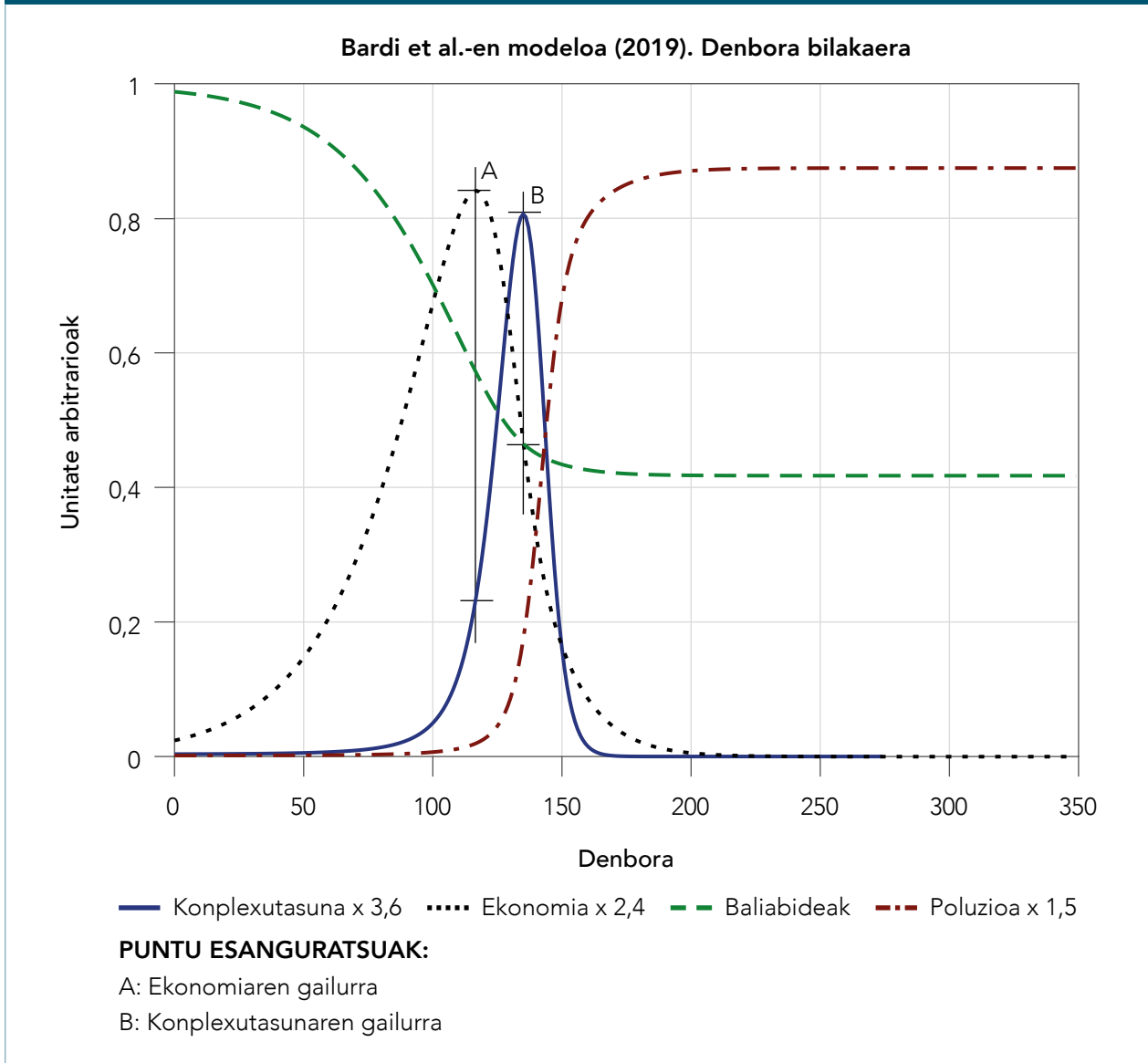
Sistemen dinamikan ohikoa den funts eta fluxuen konbentzioa erabiliz, modelo honek lau funts ditu. Bi zentralak gizartea modelatzen dute eta *Economy* (Ekonomia), sistema sozioproduktiboa irudikatzen duena, eta *Complexity* (Konplexutasuna) dira. Bigarren funts horrek (Bardi et al., 2019) lanean *Bureaucracy* du izena; sistemaren konplexutasuna sustengatzen duen sistema sozioproduktiboaren zatia modelizatzen du. Beste bi funtsak *Resources* (Baliabideak) –agorgarriak diren eta gizartea elikatzen duten baliabide naturalen eskuragarritasuna modelizatzen duena– eta *Pollution* (Poluzioa) –sistema produktiboaren trantsumoa metatzen dituen hondakinen hustubidea modelizatzen duena– dira. Modeloak bost fluxu ditu, funtsak nola bete eta hustu arautzen dutenak. *Production* eta *Depreciation*-ek, hurrenez hurren, *Economy* betetzen eta husten dute; *Complexity Creation*-ek eta *Complexity Decay*-k funtzio bera betetzen dute *Complexity* funtsari dagokionez; eta *Recycling* fluxuak *Resources* funtsa betetzen du eta, aldi berean, *Pollution* husten du (ekonomia zirkularra modelizatzen du). Modelo honen gakoa *Complexity* funtsa da, *Economy* funtsetik elikatzen dena. Zenbat eta handiagoa izan ekonomiaren tamaina, orduan eta baliabide gehiago metatu behar dira sistemaren konplexutasunari eusteko. Fluxuak formula matematiko sinpleek arautzen dituzte, sistemen dinamikako ohizko notazioari jarraituz. Adibidez:

$$\text{Complexity Creation} = k_2 \cdot \text{Economy} \cdot \text{Complexity} \quad [1]$$

Gure modeloan, k_i koefizienteak doitu egin dira, sistemak (Bardi et al., 2019)-i jarraitzeko: ($k_1 = 0,038$; $k_2 = 0,3$; $k_3 = 0,15$; $k_4 = 0,5$; $k_5 = 0$). Modelo honetan suposatzen da sistemak ez dagoela inolako zirkulartasunik ($k_5 = 0$; aurrerago ikusiko dugu hori kritikoa dela): eskuragarri dauden baliabideak ezin dira inoiz handitu, eta poluzioa ezin da inoiz gutxitu. Modeloaren emaitzak 3., 4. eta 5. irudietan agertzen dira. VENSIMen sortutako modelo eta grafikoetan agertzen diren zenbakizko emaitzak –eta aurrerago aipatuko dugun beste dokumentu bat– eskuragarri daude ADDIn, gordailu baten bidez (Bueno, 2024).

Sistemaren denbora-bilakaera 3. irudian agertzen da. Sistemak honako egoera hau du abiapuntu: *Economy* = 0,01; *Complexity* = 0,001; *Pollution* = 0,001; *Resources* = 0,988 ($\Sigma = 1$). Sistemak (*Economy* funtsa) hazkunderako joera argia du, eta horrek konplexutasuna handitzea eragiten du (*Complexity* funtsa). Hazkunde horiek baliabideak agortzearen eta poluzioa areagotzearen kontura gertatzen dira. Bi fenomeno horiek sistemaren hazkundera ere mugatzen dute, eta gailur batera eramaten dute *Economy*, hurrenez hurren, eta ondoren beste gailur batera *Complexity* funtsa. Gailurren ondoren erorketa azkarrak gertatzen dira, sistemaren kolapsoa adierazten dutenak. Denbora bat igaro ondoren, sistemaren tamaina balio oso txikitara murriztu da.

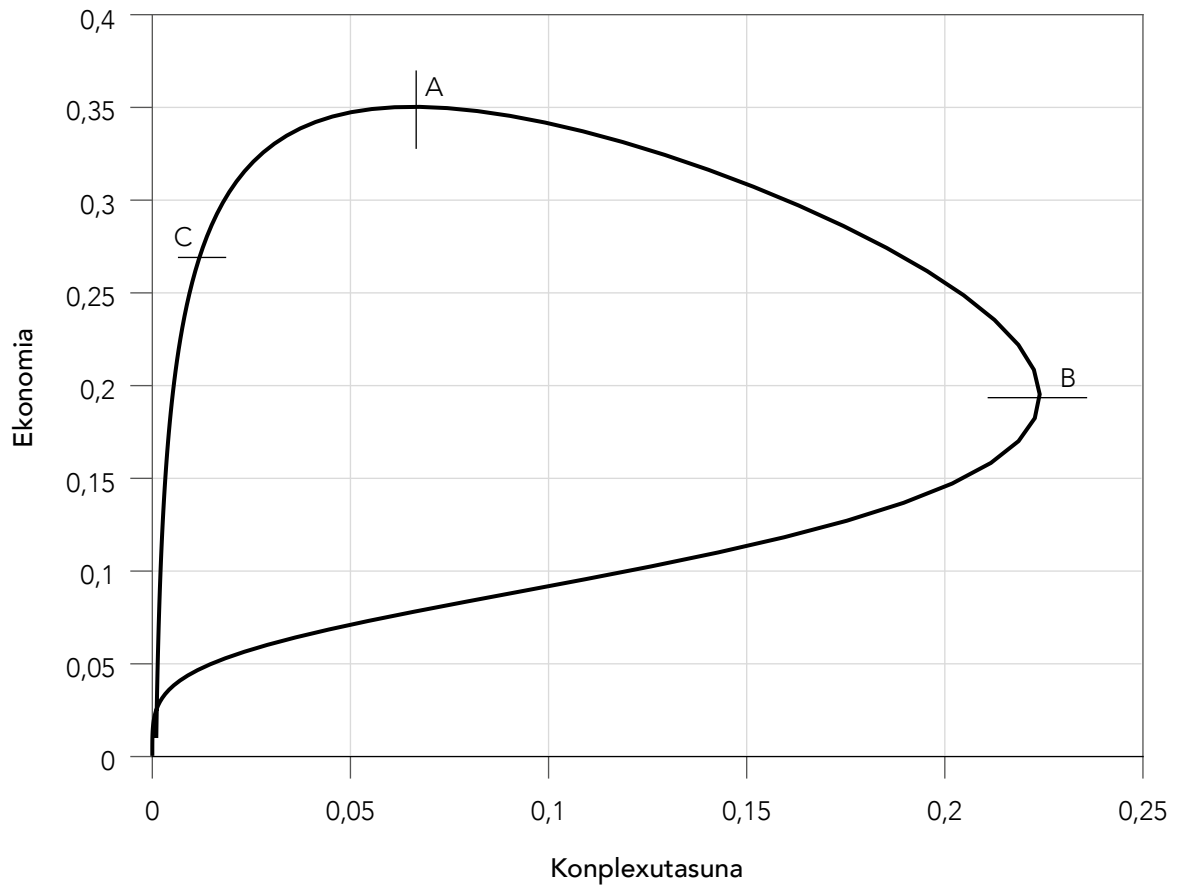
3. irudia. Ekonomiaren, sistemaren konplexutasunaren, baliabideen eskuragarritasunaren eta kutsadura-mailaren bilakaera denboran zehar. Kontzeptu batzuk faktore bidez biderkatuta daude, bistaratzea errazteko



4. irudiak *Economy* eta *Complexity* funtsen tamainen arteko erlazioaren bilakaera erakusten du. Konplexutasunak ekonomiaren tamaina sustengatzen du; beraz, tamaina hori sistemaren konplexutasunaren onura edo etekin gisa interpreta daiteke. Hau da, grafiko hori 1. irudia da –Tainterran 19. irudia; konplexutasunaren onuren eta konplexutasun-mailaren arteko erlazioa–. Izaera kualitatibo bera du, eta ixteko joera du: kolapsoaren ondoren, sistema (gizartea) tamaina txikiko eta konplexutasun gutxiko hasierako egoerara itzultzen da. Grafiko honetan sistemaren bilakaeraren hiru puntu esanguratsuak agertzen dira, 3. eta 5. irudietan ere erakusten direnak. A puntua sistema sozioproduktiboaren tamainaren gailurrari dagokio (Ekonomia). B puntua sistemaren konplexutasunaren gailurrari dagokio. C puntua konplexutasunaren batez besteko produktibitatearen maximoari dagokio, eta horren kalkulua 5. irudian agertzen da. Irudi horretan, ekonomiaren tamainarekin batera, konplexutasunaren batez besteko produktibitatea eta produktibitate marjinala agertzen dira, 3. irudian erakutsitako kurbaren datuetatik C puntura bitartean kalkulatu. Konplexutasunaren produktibitate marjinala beti beherakorra dela egiazta daiteke (Tainter); produktibitate marjinala eta batezbestekoa berdinak dira azken horren balio maximoan (C puntua); produktibitate marjinala nulua da ekonomiaren tamaina maximoan (A puntua); produktibitate marjinala negatiboa da jada, sistema kolapso betean dagoenean eta konplexutasuna murrizten hasten denetik (B puntua) aurrera.

4. irudia. Ekonomiaren eta konplexutasunaren arteko erlazioa

Bardi et al.-en modeloa (2019)
Ekonomia eta konplexutasunaren arteko erlazioa



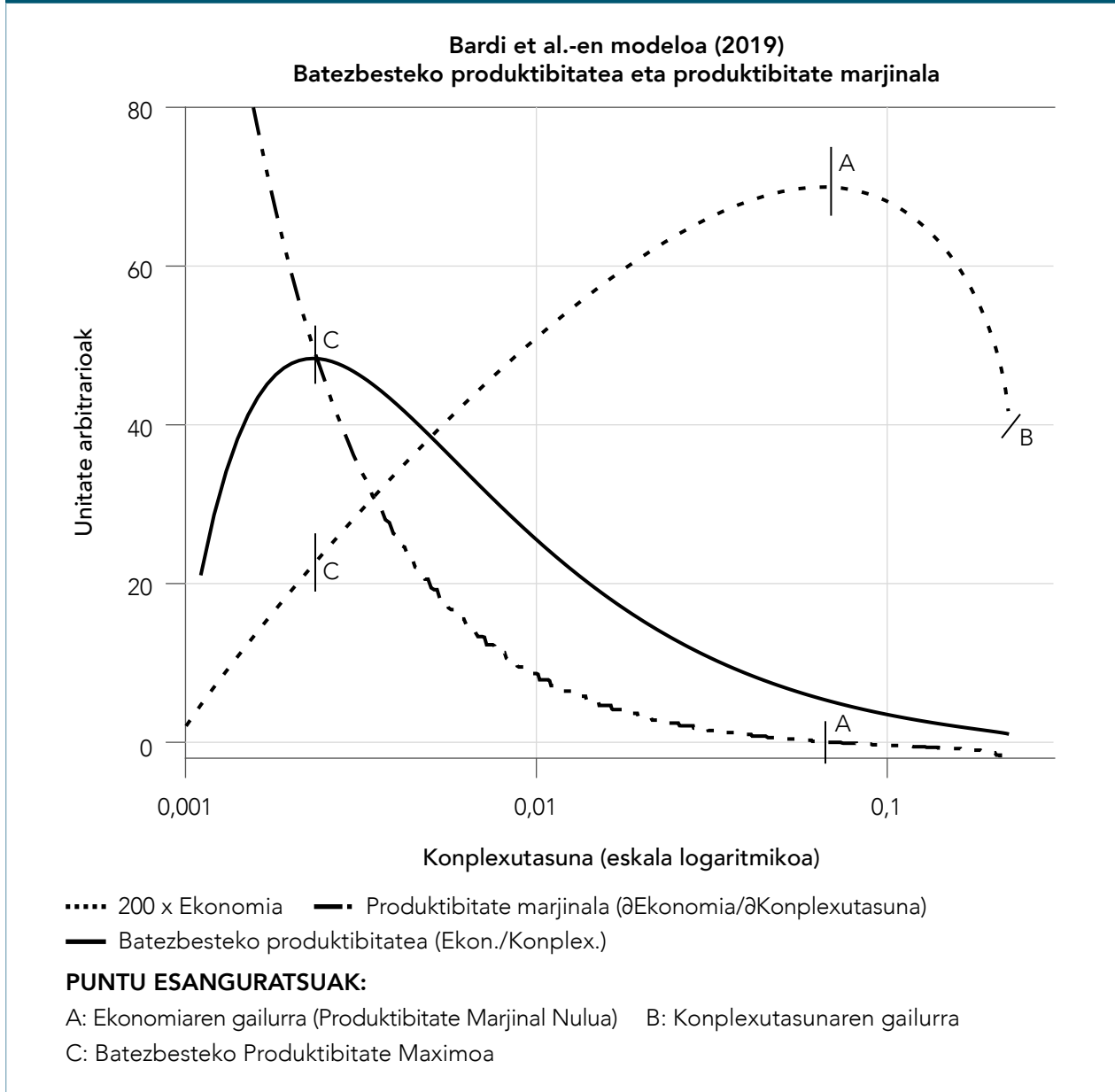
PUNTU ESANGURATSUAK:

A: Ekonomiaren gailurra (Produktibitate Marjinal Nulua)

B: Konplexutasunaren gailurra

C: Batezbesteko Produktibitate Maximoa

5. irudia. Konplexutasunaren batez besteko produktibitatea eta produktibitate marjinala. Ardatz horizontalak eskala logaritmikoa du.



Kontuan izan behar da modelo honetan konplexutasunaren produktibitate marjinal beherakorra –Tainterrek proposatutako ideia nagusia– ez dela modeloari bere diseinuan ezarritako alde aurreko ezaugarria edo baldintza, baizik eta bere portaeratik naturaltasunez sortzen den zerbait, arrazoizko suposizioetatik abiatuta: sistema sozioproduktiboa (Ekonomia) bere tamainaren eta baliabideen eskuragarritasunaren proportzioan hazten da; haren narriadura (balio-galera) ere proportzionala da bere tamainaren eta poluzio-mailaren arabera; konplexutasunaren hazkundera proportzionala da maila horrekiko, eta sistema sozioproduktiboaren tamainarekiko. Horren guztiaren ondorioz, sistemak konplexutasunaren errendimendu marjinal beherakorrak ditu, eta azkenean kolapsatu egiten da.

Modelo hori, ordea, sinpleegia da, eta kritika asko egin dakizkioke. Horietako bat izan liteke, adibidez, eskura dauden baliabideen artean ez direla bereizten baliabide materialak eta energetikoak. Baliabide materialak mugatuak eta agorgarriak dira birziklapenik ez badago, baina non geratzen da eguzki-energiaren erabilgarritasuna modelo honetan? Aurrerago, puntu honetara itzuliko gara, modelo hobetzen saiatuz. Lehenik eta behin, sistema natural batek konplexutasunaren etekin marjinal beherakorren ustezko arazoari aurre egin dion kasu esanguratsu bat aztertuko dugu.

4. Inurriengandik zerbait ikas dezakegu?

Inurriak (*Formicidae* familiakoak), liztorrak eta erleak bezala, intsektu eusozialen familia bat dira. Horiek guztiek ehun milioi urte baino gehiagoko arbaso komun batengandik –Kretazeoan, dinosauroz inguratuta– eboluzionatu zuten. Gaur egun, hogeit mila inurri espezie baino gehiago omen daude, eta haien biomasa 70 milioi tonara iristen omen da, gizaki guztien biomasa baino handiagoa. Inurrien historia ebolutiboa arrakasta handiko istorioa da. Foitzik eta Fritschek (2021) berriki idatzitako liburu eder batean (*Empire of Ants: The Hidden Worlds and Extraordinary Lives of Earth's Tiny Conquerors*) ezezagun txiki horiek eraikitako zibilizazio aparta deskribatzen digute. Jarraian, 7. kapituluak (A garden for a city of millions) jasotako ideia nagusiak laburbiltzen ditut. Kapitulu horretan, Foitzik eta Fritschek inurri hosto-ebakitzailen gizartearen ezaugarri nagusiak deskribatzen dizkigute, *Atta* eta *Acromyrmex* generoetako berrogei espezieetan bildutakoak, hain zuzen ere.

Inurri hosto-ebakitzailak Amerikako tropiko eta subtropikoetan bizi dira. Dieta beganoa dute eta tamaina handiko koloniatan bizi dira, habia batean milioika inurri bizi baitaitezke, naturako benetako megalopoliak sortuz.

Beste inurri-mota batzuen kasuan bezala, erregina gazte batek sortzen du kolonia. Ezteihalgaldian, inurri ar batzuen 300 milioi espermatozoide inguru jasotzen ditu bere espermapoltsetan. Hegoak hautsi ondoren kolonia berrirako leku egoki bat bilatzen du oinez. Inurri erregina lorezaina ere bada: bere ahoko poltsa berezi batean erreginak mizelio onddo txiki bat darama bere habia zaharretik. Lurrean jarrita gorozki likido pixka batekin ongarritzen du, lehen arrautzak jartzera erretiratu baino lehen.

Inurri langileek bakarrik jan dezakete onddoa, arrautzetatik eklosionatu ondoren. Trukean, langileak lorategian jartzen dira lanean. Azaleko hostoak hartzen dituzte, habia barrura eramane eta onddoaren substratu gisa erabiltzen dituzte. Ehun erreginatik bi edo hiru bakarrik iristen dira puntu honetara, baina hemendik aurrera inurrien superorganismoaren sorrera abian dago jada.

Bere bizitzako lehen bi urteetan, kolonia etengabe hazten da, bai kopuruari dagokionez, bai konplexutasunari dagokionez. Lau inurri-kasta desberdin ditugu: lehenik eta behin, bizitza osoa habian pasatzen duten txikiak daude (*minors*), onddoa zaintzen dute haren harien artean mugituz, beren tamaina txikiari esker. Bestalde, txiki handiagoak eta ertainak (*medias*) ditugu; bi kasta ugariak dira horiek. Ohiko lan gehienez arduratzen dira: hostoak biltzea, kolonia inurri etsaietatik defendatzea... Azkenik, nagusiak ditugu (*majors*), edo soldaduak. Kasta hori mantentzea hain da garestia, 100 mila espezimen baino gehiagoko kolonietan bakarrik agertzen baita. Hala ere, inbertsioak merezi du, soldaduek larrua ebaki baitezakete masalezurrak erabiliz, eta giza azalari kosk egin baitiezaiokete, arazorik gabe. Izan ere, herri primitiboek zauri irekiak egiteko erabili dituzte inurri soldadu horiek.

Hosto-ebakitzailen habiak 50 metro karratuko lur-eremua har dezake; korridoreak eta ganberak zortzi metro beherantz luzatzen dira. Habia batean 1.000 eta 2.000 ganbera artean egoten dira, tamaina desberdinetakoak. Horietako batzuetan inurriak biltzen dira, beste batzuetan onddo-lorategiak hazten dira, eta beste batzuk zabortege gisa erabiltzen dira. Habia arkitektura- eta ingeniari-lan handia da. Korridoreek, guztira, milaka kilometroko luzera izaten dute. Malda leunez eginda daude, euri-jasa gogor batean ura sar ez dadin. Horiez gain, inurriak eta onddoa bizirik mantentzeko, habiak aireztapen sistema sofistikatua du, hainbat tximinia erabiltzen dituena. Habia-sistemaren diseinu eta funtzionamenduaren plangintza guztia inurri-erreginaren DNAn jasota dago, habiaren ekosistemaren ingurunearekiko elkarrekintzarekin elkarlanean, hamarnaka milioi urtetan zehar eboluzionatua.

Hainbat milioi inurri bizi daitezke habia horietan –zortzi milioirainoko habiak aurkitu dira–. Eta megahiri horiek monolaborantza baten ustiapenean oinarritzen dira. Inurriek ezin dute

zelulosa digeritu. Inurri hosto-ebakitzailak *Leucoagaricus* generoko onddoarekin aliatu dira. Onddoari landareen substratu freskoa ematen diote, eta heze eta garbi mantendu. Trukean, inurriek onddoen harien muturretako hantura nutritiboak biltzen dituzte (*gonglydia*), larbak elikatzeke erabiliko direnak, proteinetan aberatsak baitira; inurri-langileak, berriz, hostoen sapaz elikatzen dira.

Hostoak biltzeko prozesuak hogeita bederatzi urrats ditu, zenbait kasutan. Azkenean, inurri txikitxoek hosto zatiak murtxikatzen dituzte mami bihurtu arte, horrekin onddoa elikatzeke. Inurriak ezin dira zuzenean hostoetatik bizi; onddoak elikatzeke erabiltzen dituzte, gau eta egun, espezialista txikien armada batek zainduta. Hainbat milioi intsekturen kolonia osoaren lana eta ongizatea onddo horren menpe dago, eta horren zaintza ez da batere erraza.

Inurri txikiak koloniako lorezainak dira. Onddoaren mizelioaren labirintoan egiten dute lan, onddoaren egoera egiaztatuz. Hosto murtxikatuekin elikatzen dute eta laborantza-eremu berrietarako oinarriak jartzen dituzte. Eremu berri horiek gorozki likidoekin ongarritzen dituzte. Noizean behin, lorezainak proteina ugariko gonglidiak moztu onddoen filamentuen puntetan, eta larben eta beren ahizpen artean banatzen ditu.

Belar desatsegin txarrak ere badaude, adibidez *Escovopsis* onddoa. Parasito horrek laborantza izurritzeko eta inurrien hondamendia eragiteko gaitasuna dauka. Laborariak patruilak egiten dituzte sare osoan zehar, onddo-zuntz edo esporak kenduz. Habiatic kanpo lan egiten duten langileek, beren kutikuletan mota guztietako patogenoak eraman ditzaketenez, debekatuta dute onddoen lorategira sartzea. Inurri hilak, hostoen hondakinak eta hildako mizelioa zabortege-ganbera berezietara eramaten dira. Hondakinak biltzeko lana adineko langileek hartzen dute beren gain.

Acromyrmex octospinosus espezieko inurri txikiek hazkunde-sekrezio bat sortzen dute, onddoaren gainean barreiatzeko. Sekrezioan azido indolazetikoa dago, hormona bat, onddoa ahalik eta azkarren eta trinkoen hazteko. Sekrezioak antibiotikoak eta antifungikoak ere baditu, inurriek beren kabuz sintetizatu ezin dituztenak. Benetako fabrikatzaileak bakterio sinbiotikoak dira; espeziearen arabera, inurrien gorputzeko zenbait gunetan bizi dira eta haiek sortutako benetako fitosanitarioak guruinen bidez jariatzen dira. Inurriek onddo bat zaintzen dute, beste onddo batek erasotzen diona; eta inurriak beste bakterio batzuen laguntzaz borrokatzen dira. Lurpeko borroka hori berrogeita hamar milioi urtez egin da.

Kolonia batek hogeita lau ordu besterik ez ditu behar limoiondo baten hostoak suntsitzeko, behi batek jaten dituen adina. Inurriek zeregin garrantzitsua dute naturan: eraikitzen dituzten korridoreek lurra aireztatzen laguntzen dute, eta, lortutako hostoak eta onddoak habia barruan eta inguruan garraiatzean, lurzoruari hainbat elikagai eransteke aukera ematen diote, bestela azalean bakarrik egongo liratekeenak. Ongarritze-prozesu horren ondorioz, oihaneko lurzorua hamar aldiz emankorragoa izango da. Inurriak oso baliotsuak dira ekosistemarentzat.

Inurri hosto-ebakitzailena –gainerako inurriena bezala– arrakasta handiko historia da konplexutasunaren eta kolapsoaren arteko ustezko borroka horretan. Inurri hosto-ebakitzailak gai dira, indibiduo bakar batetik abiatuta, populazio eta tamaina handiko gizarteak sortzeko, eta eragin handia dute txertatzen diren ekosistemetan. Haien koloniek egitura sozial estratifikatua dute, rolak berezita: erregina, soldaduak, langileak, lorezainak... Inurri horiek nekazaritza praktikatzan dute –haiena monolaborantzaren adibide garbia da– eta fitosanitarioak erabiltzen dituzte. Garapen teknologiko nabarmena lortu dute hainbat alorretan: arkitekturan, nekazaritzan, medikuntzan, aeronautikan –inurriak hegan egiteko gai dira!–, ingeniarietza soziala ahaztu gabe. Lankidetzan jarduteko gai dira, hala nola koloniaren eraikuntzan, zainketan, elikagaien ekoizpenean, kanpoko mehatxuen aurkako babesean. Hori guztia koloniaren bizitzako hainbat eremutan agertzen den konplexutasunean oinarrituta

dago, eta, ziur asko, konplexutasun hori, kolapsoa eragin beharrean, sistemak inguruaren mehatxuen aurrean duen erresilientziaren berme nagusia da. Erresilientzia horri esker, inurriek beren zibilizazioa garatu dute gure planetan, dozenaka milioi urtez.

Inurri hosto-ebakitzailen kasua ez al da, agian, Taintarren tesia baliogabetzen duen kasu praktiko bat (ustez Bardi et al.-en modeloak egiaztatutako tesia, zeinaren arabera konplexutasunak gero eta etekin marjinal txikiagoak dituen, eta gizarte konplexuak, ezinbestean, kolapsora daramatzen)? Galdera horri erantzuteko, itzul gaitetzen gizarte konplexuei buruzko sistemen dinamikaren gure modelora.

5. Konplexutasunaren kolapsoari buruzko Bardi et al.-en modelo osatuz

Gorago adierazi dugun bezala, Bardi et al.-en modeloak ez ditu baliabide materialak eta energetikoak bereizten, eta azken horien barruan ez du kontuan hartzen energia berriztagarriaren fluxuak ustiatzea. Ikus dezagun nola txerta daitezkeen elementu horiek modeloan.

Baliabide energetikoak eta materialak ez bereiztea ez da problematikoa. Baliabideak (*Resources*) funtsak modu egokian elkartu ditzake guztiak, bi arrazoiengatik. Alde batetik, energia-baliabide asko –erregai fosilak, adibidez– agortzeaz dagoen baliabide materiala ere badira, eta, beraz, modelizatu egin daitezke horrela. Bestalde, kalitate altueneko energia-fluxu berriztagarrien ustiapena, hala nola elikagaiena, jatorri biomasikoko erregaiena (egurra, olioak, alkoholak), elektrizitatearena edo energia hidraulikoarena, materialak erabiltzea eskatzen duten teknologien bitartez egiten da beti. Askotan, azpiegitura horiek izugarri handiak dira; sare elektrikoa, esaterako, nahiz eta bektore energetikoa, elektrizitatea, ia immateriala izan. Fluxu energetiko horien ustiapena, beraz, bideragarri egiten duten baliabide materialen funtsak mugatzen du. Gainera, sarritan, fluxu berriztagarriak funtsetan ere pilatzen dira: baso-baliabideak, nekazaritza-baliabideak, baliabide hidrikoak... eta, jakina, erregai fosilak (ikatz, petrolio, gas naturala).

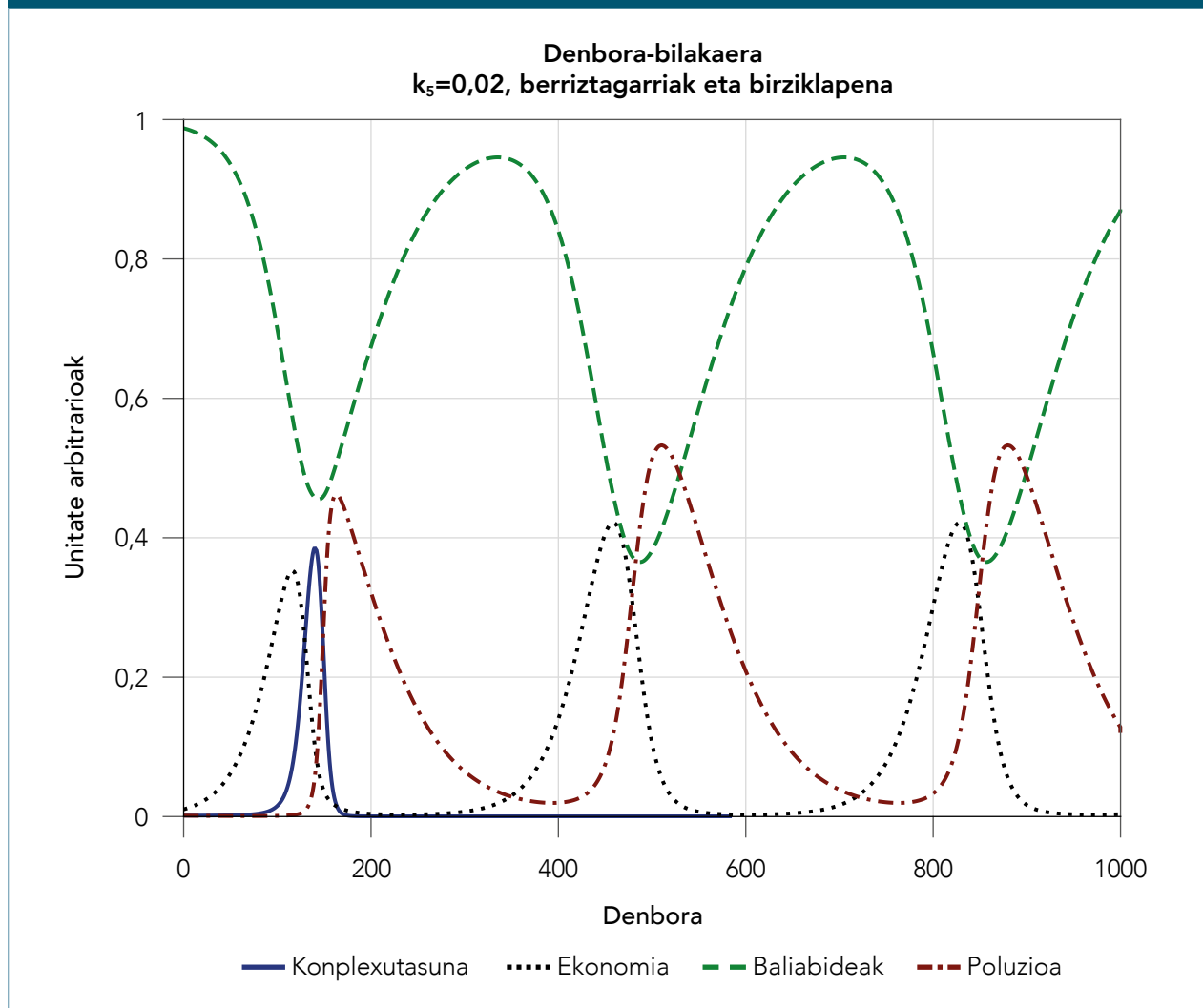
Bardi et al.-en modeloak, ordea, gabezia oso larria du. Modelizatzen duen sistema heriotza termodinamikora kondentatutako sistema da, sistema isolatua baita. Sistemak, nolabait, birziklapen-fluxuaren bidez Poluzioa (*Pollution*) funtsaren edukia Baliabideak (*Resources*) funtsera transferitzeko gai ez bada –gogoratu momentuz $k_5=0$ baldintza ezarri dugula–, berdin dio sistema nondik hasten den, eta zenbat baliabide dauden eskuragarri hasieratik: lehenago edo beranduago, baliabide guztiak kutsadura bihurtuko dira, eta sistema, azkenik, kolapsatu egingo da.

Baina energia berriztagarrien fluxuak ustiatzen dituen zibilizazioa ez da sistema isolatua, termodinamikoki itxia baizik; materialen ikuspuntutik itxia, baina energiaren ikuspuntutik irekia. Eta energia-fluxu horiek –eguzki-jatorrikoak; ez dezagun ahaztu erregai fosilak eguzki-energia ere badirela– erabil daitezkeela –hain zuzen, biosferaren energia-motora da– heriotza termodinamikoa saihesteko, hau da, baliabideak beheko funtsean kutsadura gisa pilatzea saihesteko, sisteman beste bizi-ziklo bat izan dezaten. Ondorioa argia da: k_5 koefizienteak balio positiboa izan behar du.

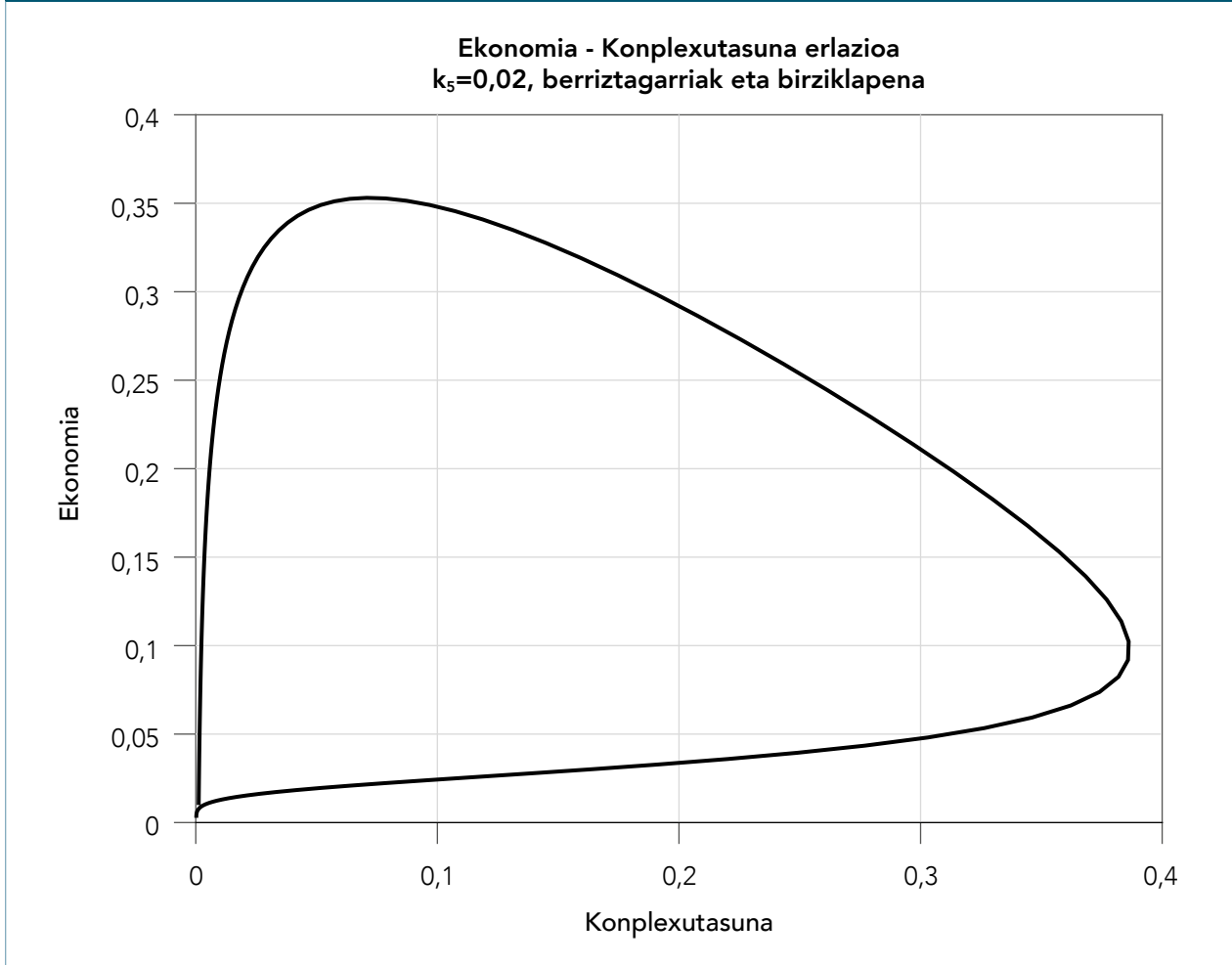
6.-11. irudiek Bardi et al.-en modeloaren ondoz ondoko hiru aldaketa erakusten ditu. Lehenengo aldaketan (6. eta 7. irudiak), ereduak $k_5 = 0,02$ koefizientea barne hartzen du (ez-nulua). Materialak birziklatzeko fluxu hori, Poluzioa funtsetik Baliabideak funtsera doana, energia berriztagarrien fluxuek elikatzen dute, eta, hala, sistemaren heriotza termodinamikoa saihesten dute. Sistema honek denboran duen funtsen bilakaerak (6. irudian), ordea, $k_5 = 0$ izan zuen aurreko kasuaren oso antzekoa den hasierako portaera du. Ekonomia azkar hazten da, eta horren atzetik konplexutasuna ere bai. Hazkunde horiek hain azkarrak direnez, baliabideak gutxitu egiten dira eta poluzioa azkarregi handitzen da, birziklatzeak kolapsoa saihestu ezinik. Lehen ziklo horretan, ekonomia-konplexutasunaren kurbak (7. irudian)

aurreko Bardi et al.-en modeloaren antzeko itxura kualitatiboa du. Gizartea gutxienera murriztu eta ia desagertu ondoren, Baliabideak funtsa berreskuratu eta beste ziklo bat hasten da. Ikusten denez (6. irudian), bigarren ziklo horretan, ordea, jada ez da konplexutasunik hazten, ziurrenik aurreko zikloan gutxienera murriztu delako. Denbora baten buruan, ekonomiaren gehiegizko hazkundera –oraingoan konplexutasunik gabe– sistema berriro kolapsora eramaten du, eta horrek denboraren buruan aurrekoaren pareko ziklo berri bat sortzen du. Sistema honetan ez dago heriotza termodinamikorik, baizik eta gizarte handien kolapsoen segida bat, nahiz eta lehenengoak bakarrik izango lukeen konplexutasuna. Giza zibilizazio modernoaren kasuan, hori agertoki posible bat da. Baliteke orain lehen kolapsoaren gailurretik gertu egotea. Etorkizunean, gizartea birkonposatuko litzateke, baina konplexutasunik gabeko gizartea izan liteke, kualitatiboki egungoaren oso ezberdina.

6. irudia. Sistemaren funtsak denboran izaten duten bilakaera (Konplexutasuna, Ekonomia, Baliabideak, Poluzioa), k_5 koefizientea ez-nulua denean ($k_5 = 0,02$), energia berriztagarrien fluxuen aprobetxamendua eta birziklapena modelizatzen

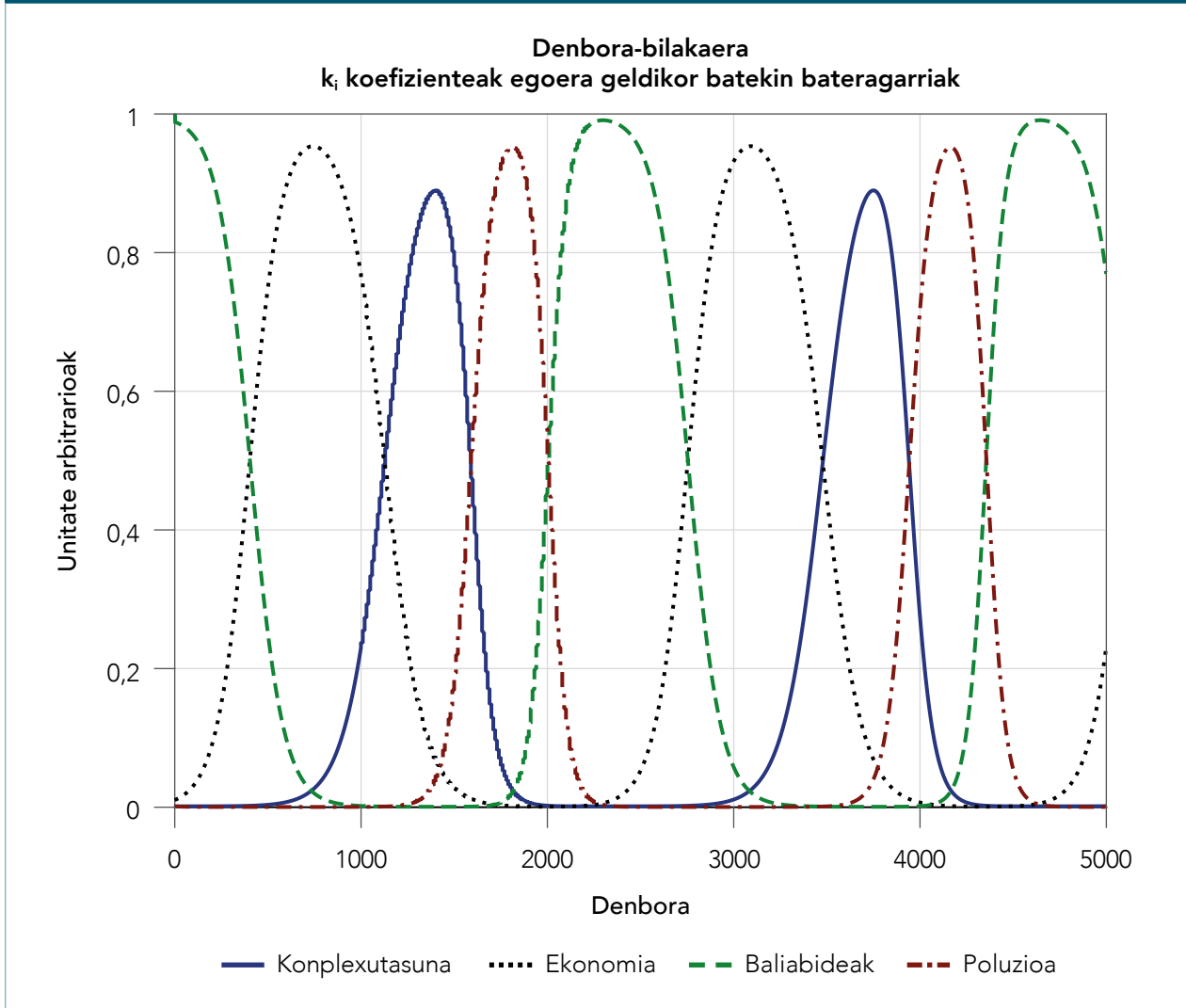


7. irudia. Ekonomia (konplexutasunaren onurak) eta Konplexutasunaren arteko erlazioa, k_5 koefizientea ez-nulua denean ($k_5 = 0,02$), energia berriztagarrien fluxuen aprobetxamendua eta birziklapena modelizatzen

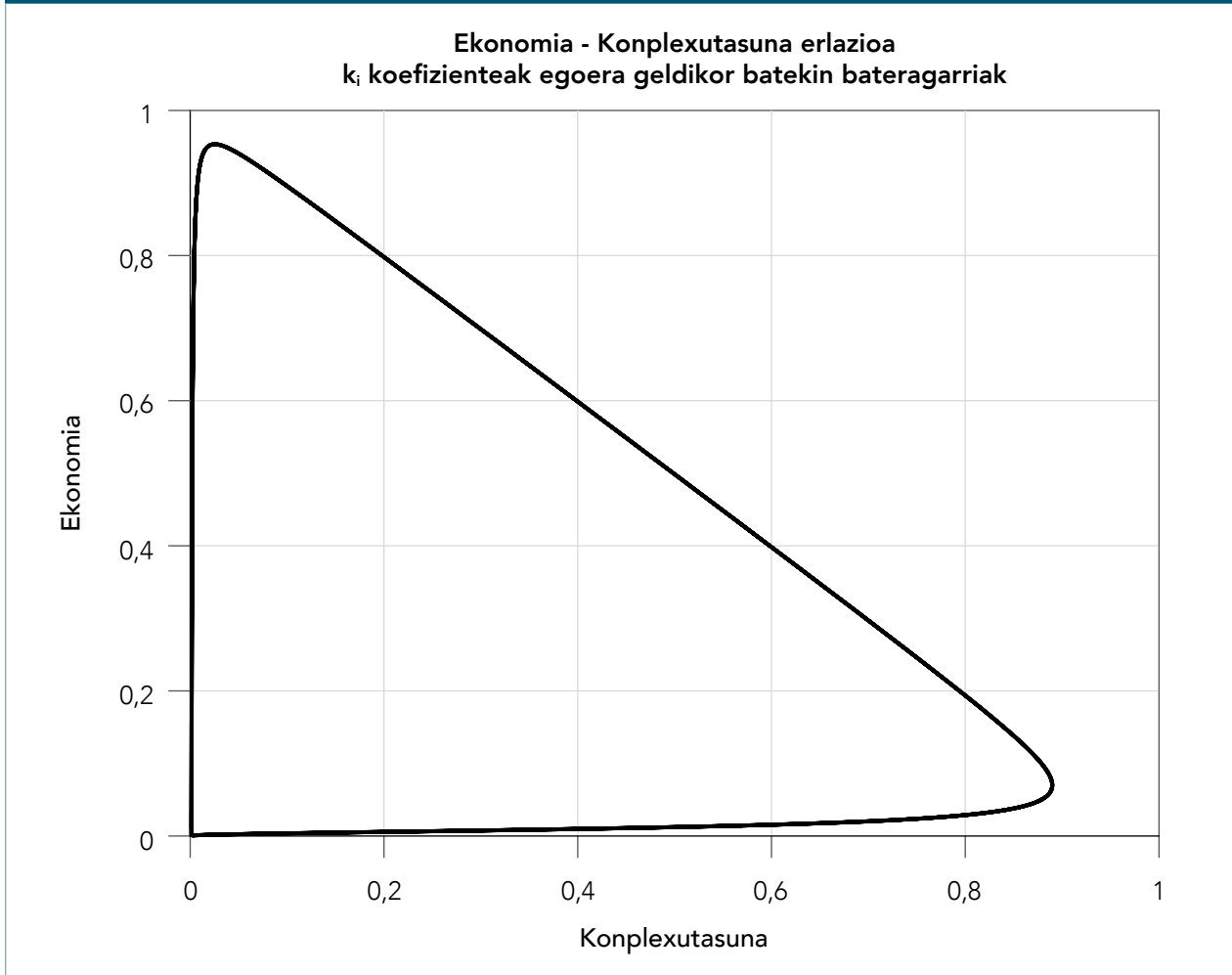


Gure zibilizazio-helburua gizarte geldikor bat lortzea litzateke, tamaina eta konplexutasun nahikokoa, denbora bat pasatuta kolapsatuko ez dena. Printzipioz, ez dakigu nola modelizatu gizarte hori gure modeloekin, baina, ziurrenik, horrek eskatzen du beste k_i koefiziente batzuk sartzea modeloan. Koefiziente horiek zeintzuk lirateke? Koefiziente horiek izan beharko lukete gure modeloak baldintza geldikorretan emandako ekuazio ez-linealen sistemaren soluzio ez-tribial bat: funtsen tamainak denboran konstanteak direla suposatuz eratorritako ekuazio-sistemen soluzioa. Ekuazio-sistema horren ebazpena ez da samurra, baina guztiz bideragarria da python-en programatutako kalkulu-algoritmo bat erabiliz (ADDI biltegian eskuragarri). Izan ere, egiazta daiteke baldintza hori betetzen duten soluzio asko daudela, infinituak ez esatearren. Gure kasuan, honako baldintza geldikor hau ezartzen badugu: Baliabideak = 0,3; Ekonomia = 0,35; Konplexutasuna = 0,15; Poluzioa = 0,2; $k_5 = 0,02$ koefizientearekin; orduan, honako koefiziente hauek betetzen dituzte baldintzak: $k_1 = 0,01143$; $k_2 = 0,009562$; $k_3 = 0,009971$; eta $k_4 = 0,01673$. Modelo berri horren portaera 8. eta 9. irudietan ageri da, baina ez da egoera egonkorrera iristen. Ikus daitekeenez, baldintza berri horietan –eta hasierako baldintza berberetatik abiatuta–, sistemak kolapso-segida gisa jokatzen du (8. irudia). Kasu horretan, kolapso-ziklo guztiak berdinak dira, eta horietako bakoitza baliabideen lehen gailur eta kolapso batez osatuta dago, ondoren ekonomiaren beste gailur eta kolapso bat, gero konplexutasunarena eta azkenik poluzioarena. Poluzioaren kolapsoa baliabideen hazkunde berriarekin gainjartzen da birziklapenari esker, eta horrek hasiera ematen dio beste ziklo bati. Beste behin ere, ekonomiaren eta konplexutasunaren arteko erlazioaren bilakaera (9. irudia) kualitatiboki Bardi et al.-en modeloan ikusitakoaren antzekoa dela egiaztatu dugu. Sistema bateragarria da egoera geldikor batekin, baina ez da inoiz horretara iristen; bere dinamikaren inertzien puntu geldikorraren inguruan oszilatzen mantentzen dute sistema.

8. irudia. Sistemaren funtsek denboran izaten duten bilakaera (Konplexutasuna, Ekonomia, Baliabideak, Poluzioa), k_i koefizienteak egoera geldikor batekin bateragarriak direnean

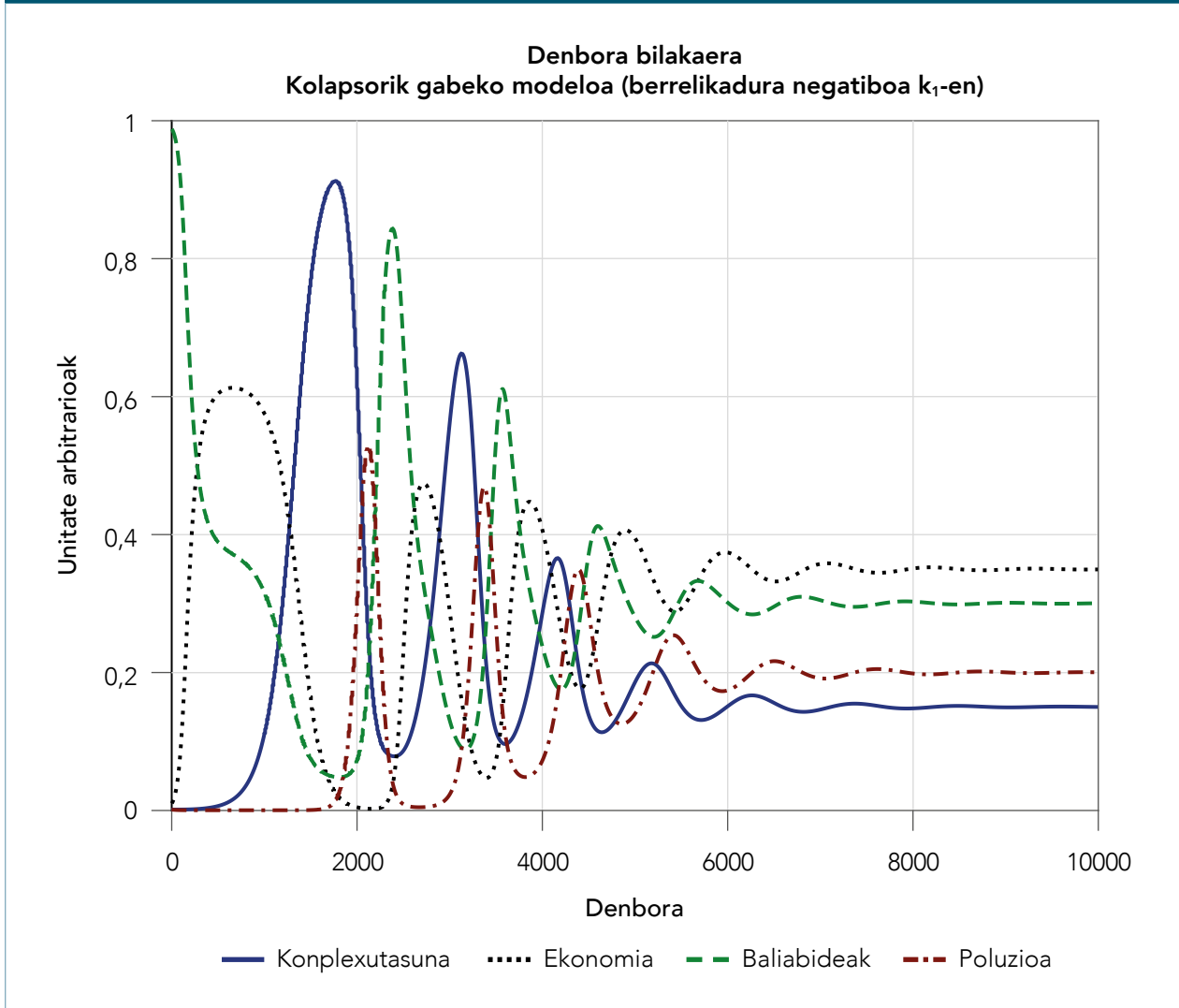


9. irudia. Ekonomia (konplexutasunaren onurak) eta Konplexutasunaren arteko erlazioa, k_i koefizienteak egoera geldikor batekin bateragarriak direnean.

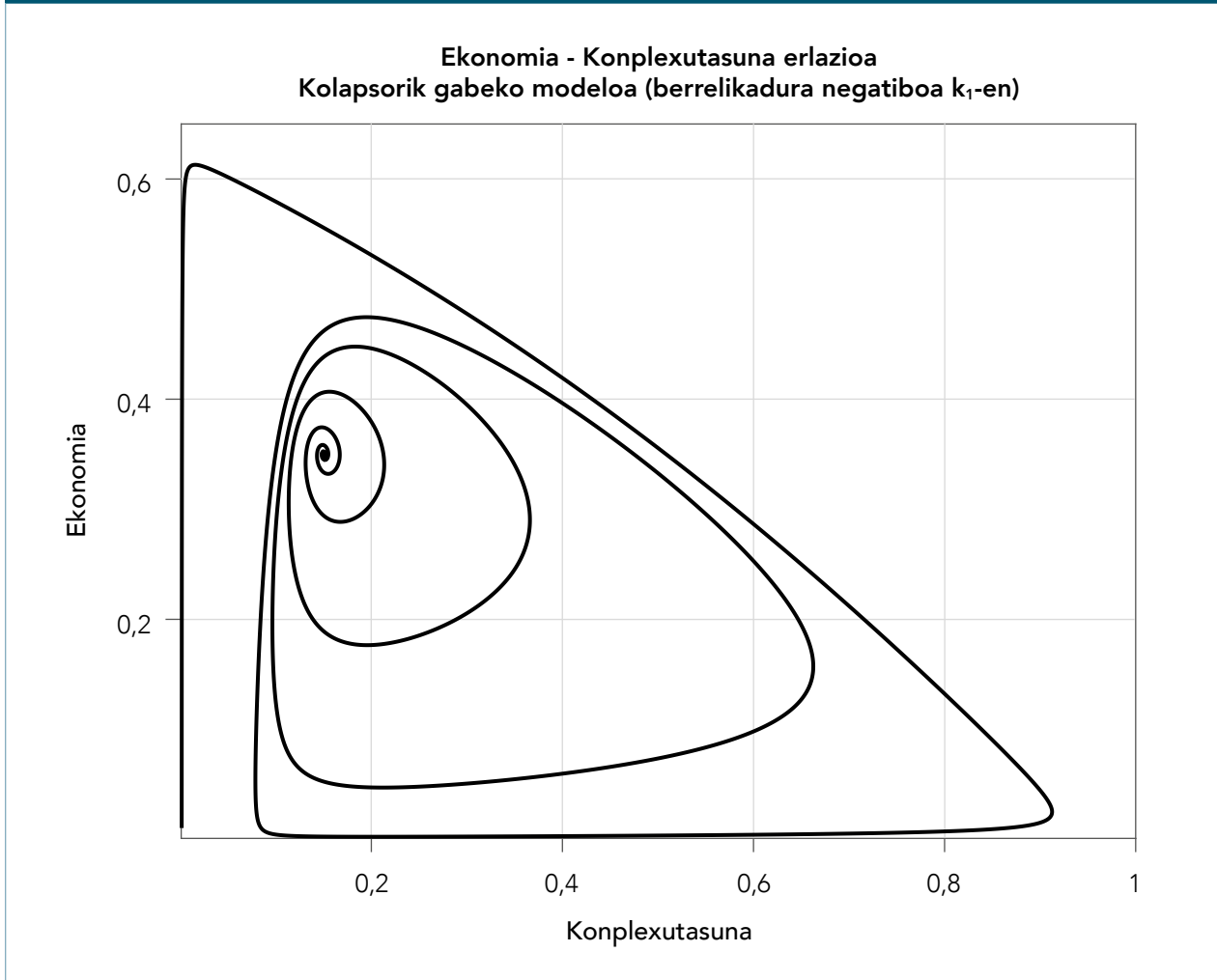


Sistema ezegonkorra da argi eta garbi, egonkortasuna behar du. Ingeniaritzako terminoetan, "kontrola" behar duela esango genuke. Kontrol automatiko hori erraz lor daiteke gure sistemaren punturen batean berrelikadura negatiboa sartuta. Horrela, 10. eta 11. irudietan ageri den portaera lortzen da (denbora-bilakaera 10. irudian eta ekonomia-konplexutasuna erlazioa 11.ean).

10. irudia. Sistemaren funtsek denboran izaten duten bilakaera, sistemaren berrelikadura negatiboa sartuta egonkortasuna bermatzeko

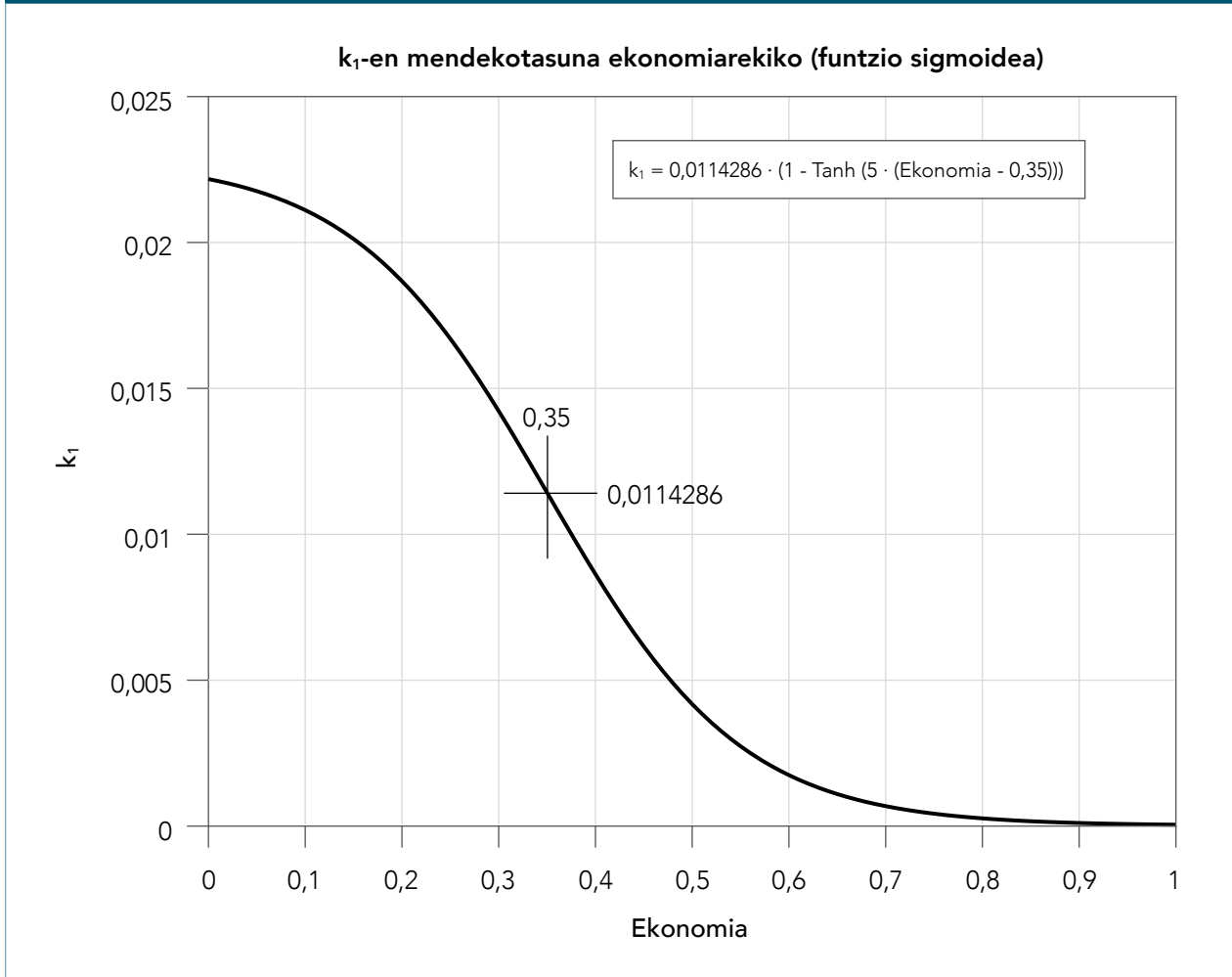


11. irudia. Ekonomia (konplexutasunaren onurak) eta Konplexutasunaren arteko erlazioa, sisteman berrelikadura negatiboa sartuta egonkortasuna bermatzeko

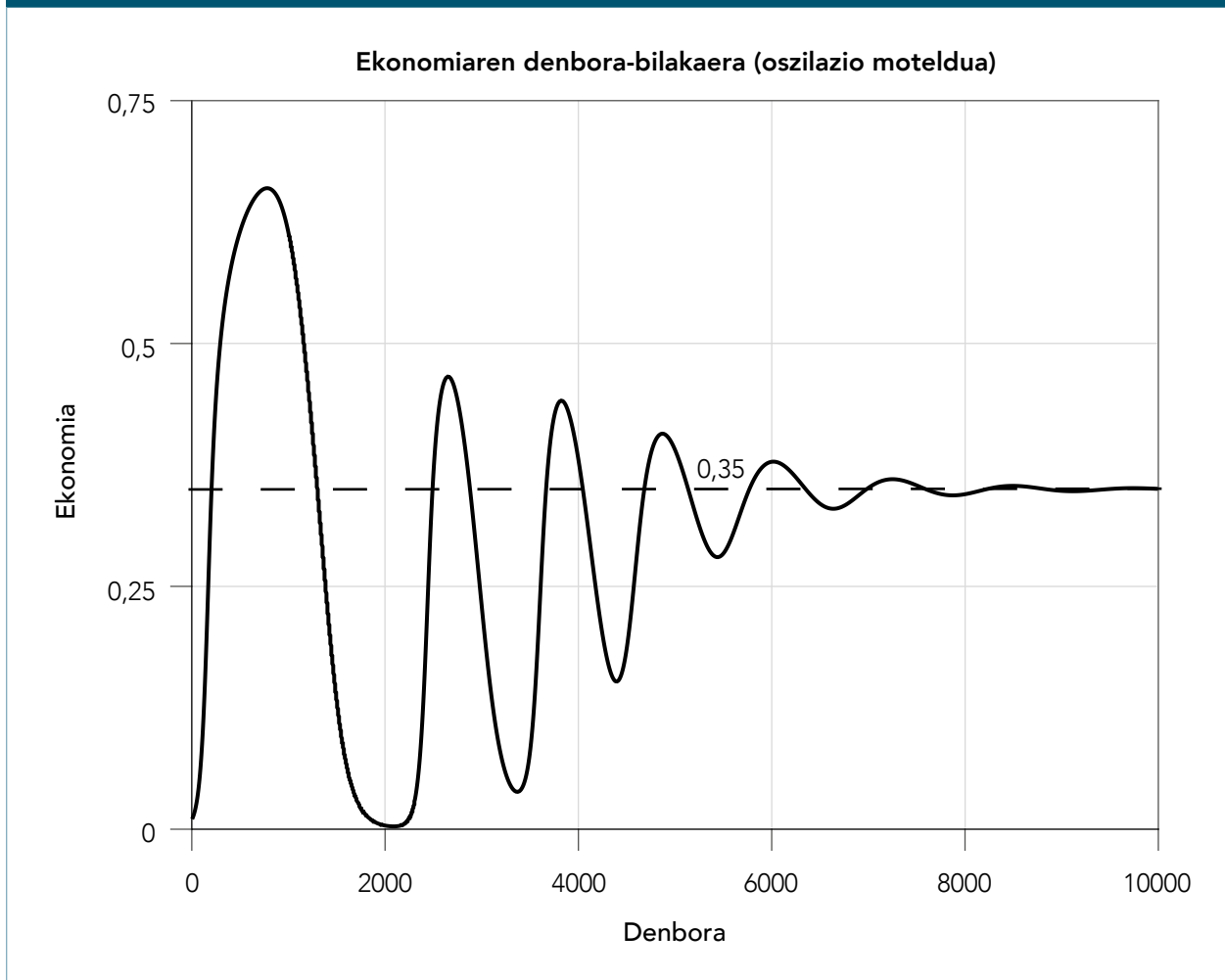


Sisteman berrelikadura negatiboa sartzeko bide azkar eta sinplea da k_1 koefizientea aldatzea, ekonomiaren hazkundera arautzen duena eta orain arte konstante bat izan dena. 10. eta 11. irudietan ageri den portaeran, balio konstante hori (0,0114286) puntu geldikorrean (Ekonomia = 0,35) zentratutako funtzio sigmoide alderantzikatua den aldagai batez biderkatu dugu. Ekonomiaren tamainarekiko k_1 -ek duen mendekotasuna argiago erakusten da 12. irudian: k_1 gero eta gehiago handitzen da ekonomia xede-balioarekiko txikiagoa den heinean –gehiago haziko da–, eta k_1 gero eta gehiago txikitzen da –baliteke zero izatera iristea– ekonomia handiagoa den heinean, xede-balioaren gaineratik. Berrelikadura negatiboa duen sistema berri horrek denboran zehar izan duen bilakaerak erakusten du, horrek ere, hasieran kolapsatu egiten dela; izan ere, kolapso hori Bardi et al.-en modeloaren kolapsoaren oso antzekoa da. Hala ere, kolapso-zikloak arinduz doaz; dozena erdi bat zikloren ondoren –zein ekonomiak ez du ziklorik, mundu errealean?–, sistema egoera geldikorrera iritsi dela kontsidera dezakegu. Ekonomiaren bilakaera 13. irudian ageri da. Gizarte konplexu baten portaera modelizatzea lortu dugu, kolapsoa saihesten duena eta egoera egonkor bat lortzen duena.

12. irudia. Ekonomiaren hazkundera zehazten duen k_1 koefizientearen mendekotasuna ekonomiaren tamainarekiko. k_1 koefizientea aldatu egiten da funtzio sigmoide baten bidez (ikus formula)



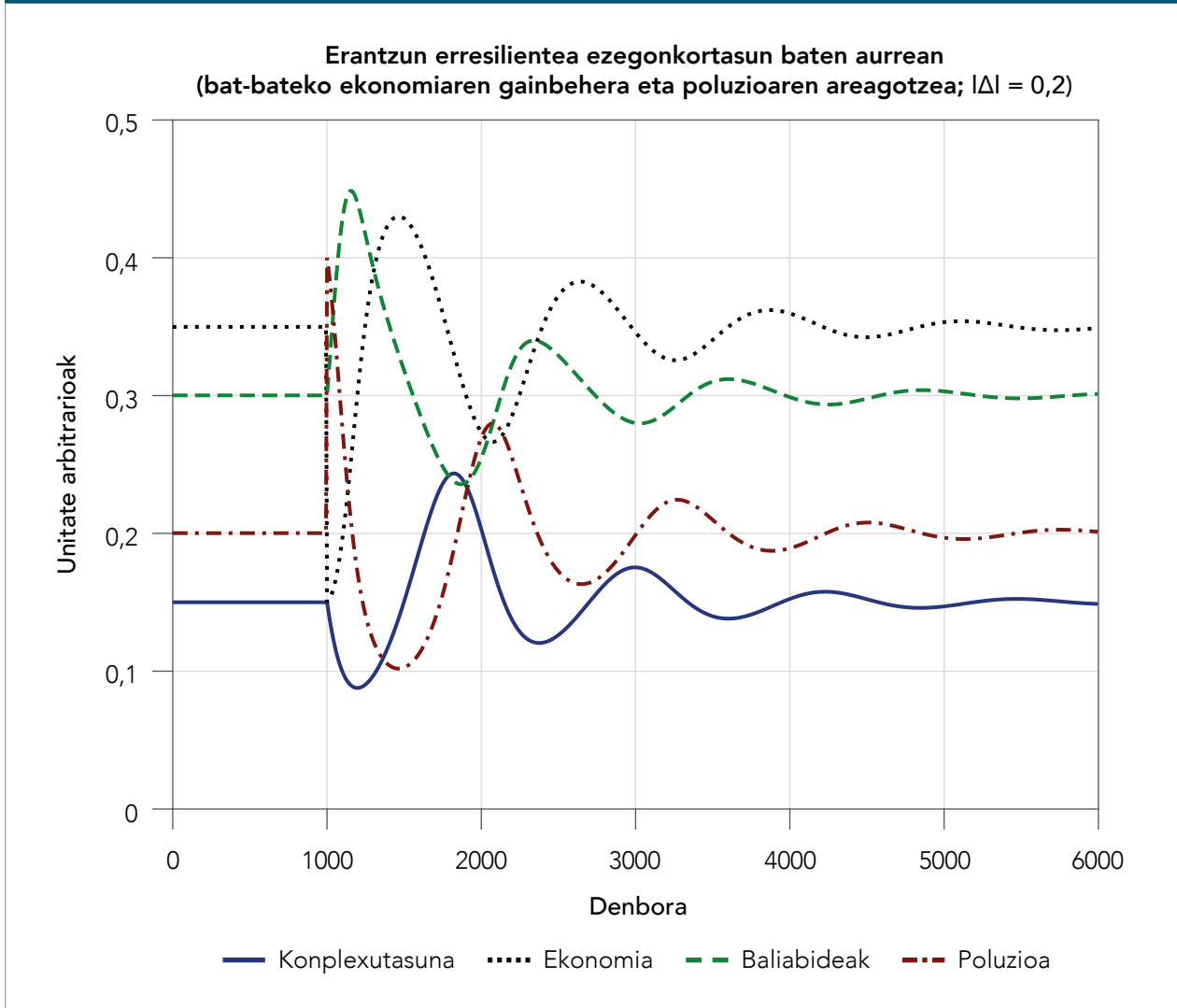
13. irudia. Berrelikadura negatiboa duen zibilizazioaren ekonomiaren denbora-bilakaera, oszilazio moteldu batekin, erregimen geldikorrean egonkortu arte



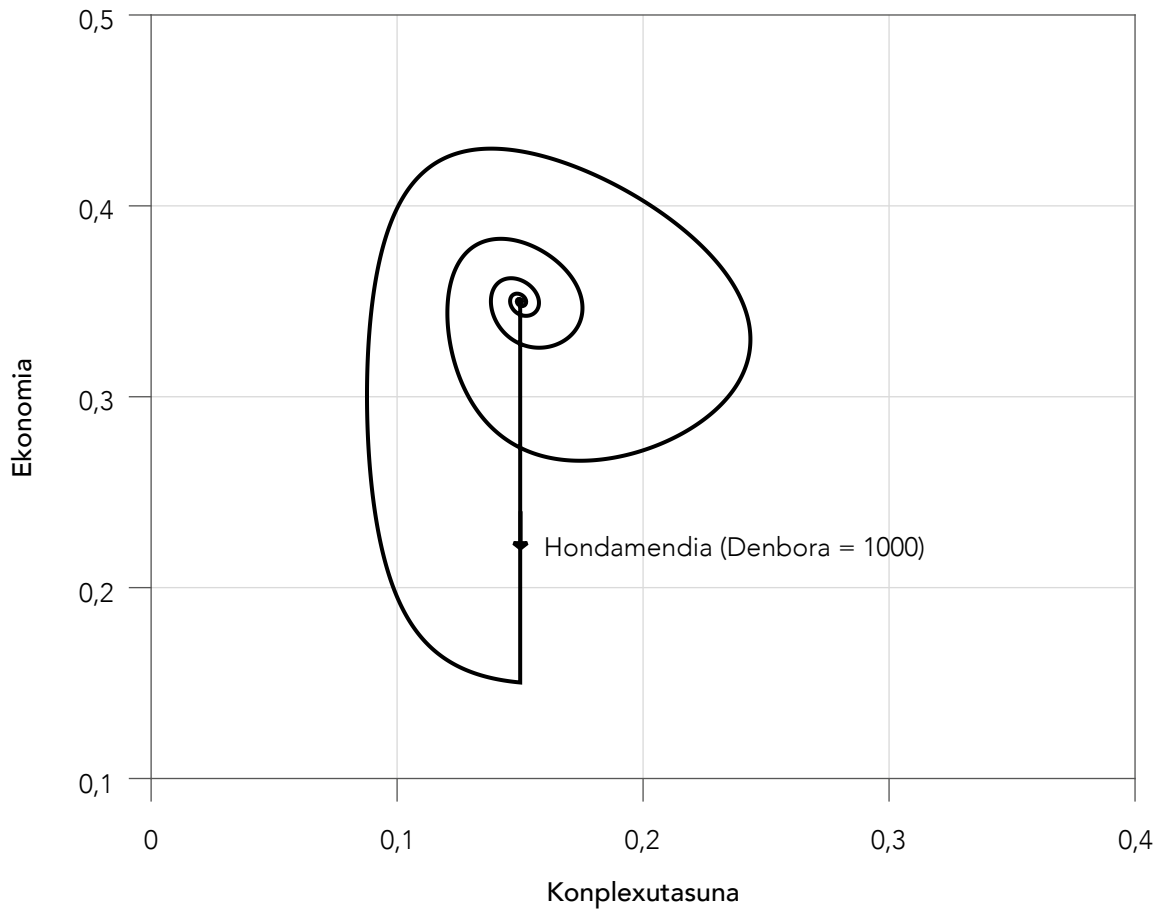
Sistema, espero den erregimen geldikorra lortzeko gai izateaz gain, erresilientea ere bada, eta bere sistema sozioproduktiboa hondatzen duen bat-bateko hondamendi baten aurrean erregimen geldikorra berreskuratzeko gai da. Portaera hori 14. irudian (denbora-bilakaera) eta 15. irudian (ekonomia-komplexutasuna erlazioa) erakusten da. Hasieran, sistema egoera egonkorrean dago. Denbora labur bat igarota, hondamendi batek nabarmen hondatzen du Ekonomia funtsa, eta edukiaren % 57 (0,2/0,35) berehala transferitzen du Poluzioa funtsara, 0,2-tik 0,4-ra pasatuz. Ekonomia funtsaren hazkunde-kontrolaren berrelikadura negatiboari esker (12. irudiko funtzio sigmoidea), sistema oszilazio moteldu batean sartzen da, eta berrelikadura negatiboak sistema egoera geldikorrera itzultzen du. Sistema erresilientea⁴ da ezegonkortasunen aurrean.

4 Erresilientzia materialen ingeniarietan erabiltzen den magnitudea ere bada, pieza mekanikoei deformazio elastikoak jasateko duten gaitasuna neurtzeko. Energia-unitateak ditu eta *Charpy-ren pendulua* izeneko gailuaren bidez neurtzen da.

14. irudia. Sistemak egoera egonkorrean duen denborazko bilakaera bat-bateko hondamendi baten aurrean; Ekonomia funtsaren % 57 ($\Delta = -0,2$) Poluzioa funtsera ($\Delta = +0,2$) eramaten du



Erantzun erresilientea ezekongortasun baten aurrean
(bat-bateko ekonomiaren gainbehera eta poluzioaren areagotzea; $|\Delta I| = 0,2$)



6. Laburpena eta ondorioak. Kolapsoa ez da saihestezina gizarte konplexuetan

Tainterren tesia, konplexutasunaren beheranzko produktibitate marjinalak gizarte konplexuen kolapsoa eragiten duela, modelo sinpleen bidez probatu daiteke sistemen dinamikaren printzipioak erabiliz. Bardi et al.-ek (2019) Tainterren tesiaren arabera jokatzeko duen eredu bat ematen digute. Modelo horren azterketa zehatzak, ordea, kolapsoa ez dela saihestezina erakusten digu. Egokitzapen aproposak eginez, kolapsoa saihestu daiteke. Posible da sistemaren erregimen geldikor bat lortzea –suposatutako gizarte konplexu bat, sistema horrek modelizatutakoa–, tamaina eta konplexutasun maila handia izan arren, kolapsoa saihesteko gai dena, erregimen geldi horretan mantenduz. Portaera sistemiko iraunkor horrek modelo mailan ere bideragarria izan behar zuen, gure inguruan badaudelako Tainterren tesia urratzen duten adibideak, inurri hosto-ebakitzailena, esate baterako: posible da konplexutasun maila handia eta ingurunean tamaina eta inpaktu izugarria duten gizarteak eraikitzea, dozenaka milioi urtez irautea ahalbidetu dien erregimen geldikorra lortuz.

Gure modelizazioak, beste sistema biologiko batzuek naturan nola funtzionatzen duten aztertzearekin batera, kolapsoaren arazoari aurre egiteko oinarritzko hiru ideia ondorioztatzea ahalbidetzen digu:

1. Sistemaren tamaina eta konplexutasuna (giza zibilizazioa) garrantzitsuak dira, baina ez dira kolapsoa eragiteko erabakigarriak.

Edozein sistema handi eta konplexu aurre egin beharko dien arazoak izango ditu, ziur asko soluzio konplexuetan oinarriturik. Konplexutasuna hauskorra izan daiteke. Inurri hosto-ebakitzailerek onddo baten monolaborantzan sustengatzen dute beren gizartea, zeinari beren lan-indarraren zati handi bat ematen dioten (inurri lorezainak eta langileak), baita azpiegiturak (inurritegiko laborantza-ganberak) eta ezagutza eta zainketak ere (produktu fitosanitarioak ematen dituzten bakterioekiko sinbiosia). Inurriak megazibilizazio bihurtu dira, eta planetako biomasa handienetako bat dute. Haren eragina ere izugarria da. Inpaktu hori, hala ere, ez da kaltegarria biosferarentzat; aitzitik, oso onuragarria da, besteak beste, lurra aireztatzeko eta hainbat elikagaiz aberasteko, materia organikoa degradatzen laguntzeko, polinizazioa errazteko eta beste espezie batzuk elikatzeke. Inurrien bat-bateko desagertze masiboa, Lurraren ikuspegitik, tamaina katastrofikoko ingurumen-hondamendia izango litzateke. Sistema handi eta konplexu baten eragina ere onuragarria izan daiteke. Lan honetan garatutako eskema mentala erabiliz – k_i koefizienteen bidez kontrolatutako baliabide energetiko eta materialen hainbat funtsek eta fluxuk osatutako sistema bat–, esan genezake inurriek k_i koefizienteen bilduma bat lortu dutela, eta horiek aukera ematen dietela biosferako gainerako azpisistemekin lerrotatutako portaera sistemiko koherentea eta elkarlanekoa (mutualista) izateko; portaera egonkor eta erresiliente samarra, hau da, iraunkorra.

2. Sistemak (giza zibilizazioak) erregimen geldikorra bilatu (eta aurkitu) behar du, sistema horren biziraupena eta sistema hori txertatuta dagoen ekosistemaren (biosferaren) iraupena bateragarriak izan daitezten.

Jakina, zibilizazio-diseinu iraunkorra lortzea askoz zailagoa da python algoritmo bat dozena bat ekuazio baino gehiagoko sistema bati aplikatzea baino, nahiz eta ekuazio horiek ez-linealak izan. Nola lortu dute inurriek iraunkortasuna? Erantzunik bistakoena honako hau da: saiakera eta hutsegite ugariaren bitartez, milaka urteko eboluzioan zehar. Hala ere, oso huts larria litzateke pentsatzea inurrien zibilizazioaren diseinu osoa kolonia bakoitza fundatzen duen inurri erregina bakoitzaren DNAn grabatuta dagoela. Inurrien DNAn bere ekosisteman elkarrekintzan dauden espezie guztienarekin batera eboluzionatu du. Inurrien zibilizazioa, ziurrenik eta neurri handi batean, elikagai gisa erabiltzen dituzten barazkien DNAn dago programatuta, hazten duten onddoaren, erabiltzen dituzten botikek sortzen dituzten bakterioen. Kudeatzen duten eta beren portaera baldintzatzen duen informazioa ekosistema osoan banatuta dago, eta eboluzio-mekanismo guztien benetako fruitua da.

Zer paralelismo atera dezakegu gizakiok honetatik? Pertsonen jokabidea ez dute inurrien mekanismo berberak gidatzen. Giza zibilizazioak informazio-kantitate itzelak metatzea lortu du kulturaren, ezagutza zientifikoaren, erlijioen eta tradizio filosofikoen bidez. Informazio hori hezkuntzaren, hizkuntzaren, idazketaren –eta, azken hamarkadetan, euskarri informatikoen– bidez transmititzen da. Gizakiok ez diegu gure DNAn grabatutako mekanismoei soilik erantzuten, eta gure ezagutza guztia ere ez da hor gordeta geratzen. Baina beste elementu batek bere horretan dirau. Portaera jasagarria gure inguruetik jasotzen dugun informazioaren arabera da, eta horren arabera moldatzen da. Gaur egungo giza zibilizazio globalaren kasuan, ingurune hori gure planetako biosferaren multzoa da.

Giza zibilizazioak bere k_i koefizienteak ere bilatu behar ditu, biosferaren barruan erregimen geldikor bat ez ezik, inpaktu handi edo txiki bat ere lortu ahal izateko, baina batez ere ekosistemaren gainerako osagaien onuragarria izango den inpaktua. Informazio baliotsu hori jasotzen ari gara dagoeneko: IPCCk ematen digu, berotze globalaren problematikari buruzko aldizkako jarraipen-txostenekin; gainditzen hasi garen muga planetarioez ohartarazten gaituen komunitate zientifikoak; Susanne Foitzik eta beste mirmekologoek ere ematen digute informazio baliotsua, inurriak nola bizi diren azaltzen digutenean.

3. Sistemak (giza zibilizazioak) bere hazkundera berrelikadura negatiboaren kontrolak aplikatu behar ditu, ezinbestekoak baitira erregimen geldikorra lortzeko eta kanpoko ezegonkortasunei aurre egitea ahalbidetuko duen erresilientzia lortzeko.

Gizarteak, izaki bizidunak diren aldetik, sortu, hazi, heldutasunera iritsi, eta, handik denbora batera, hil egiten dira –gizarteen kasuan, desagertu egin daitezke, edo beste gizarte ezberdin batean berpiztu edo eraldatu–. Gure kasuan, egokiena litzateke heldutasunera heltzea erregimen geldikor batekin, non giza beharren asebetetze maila handia eta biosferan eragin onuragarria ondo uztartzen diren. Gainerako ekosistemarekin lerrotatutako zibilizazioa, zeinean energia berriztagarrien ustiapena eta materialen birziklatzea funtsezkoak diren. Gure modelizazioan egiaztatu dugu erregimen geldikor (jasagarri, iraunkor) batekin bateragarriak diren k_i koefizienteak ez direla nahikoak egoera onera iristeko. Sistemak hazi egin behar du hasieran, eta gero egonkortu. Hori da, zalantzarik gabe, sistemen dinamikaren bidez modelizatzen zailena. Gure sistemaren koefizienteek eboluzionatu egin behar dute, ezin dira estatikoak izan. Inguruko egoerek ere baldintzatzen dituzte koefiziente horiek. Gure eredu iraunkorrean, ekonomiaren hazkundera arautzen duen fluxuan berrelikadura negatiboa txertatuz lortu da bilakaera hori kontrolatzea. Azpistema ekonomikoak hazteko aukera izan behar du; heldutasuna lortzeko, eta bat-bateko hondamendien aurrean oreka berreskuratzeko. Baina hazkunde hori ez da berez helburua, baizik eta azken helburuak kontrolatutako zerbait, hau da, egoera geldikorra lortzeko –edo berreskuratzeko–. Gure ereduaren, ekonomiaren hazkundera arautzen duen k_1 koefizientea ere ekonomiaren tamainaren arabera da (ikus 4. irudia). Zehazki, helburuarekiko (Ekonomia = 0,35) ekonomiaren duen desbideratzearen mende dago, eta minus zeinu bat du (-). Hau da, berrelikadura hori negatiboa da⁵. Horri ezker, hazkundera handiagoa edo txikiagoa izango da, ekonomiaren tamaina helburuaren azpitik edo gainetik dagoen heinean.

⁵ Arkimedesek honako hau esan zuten: “Eman iezadazu euste-puntu bat eta mundua mugituko dut”. Geuk, berriz, honako hau esango genuke: “Eman iezadazu berrelikadura negatiboa aplikatzeko puntu bat, eta sistema egonkortuko dut”. Berrelikadura negatiboaren bidezko kontrola ohikoa da gure eguneroko bizitzan, adibidez ibilgailu bat gidatzen dugunean, eta oso erabilia da ingeniarietan. “Berrelikadura negatiboaren magia” nire elektronikako klaseetan ikasleei helarazten saiatzen naizen ideia nagusietako bat da. Berrelikadura negatiboa funtzionamenduaren oinarria da amplifikadore, batutzaile, iragazki eta hainbat zirkuitu elektronikoren oinarriko adreiluak diren amplifikadore operazioaletan. Berrelikadura negatiboa, telekomunikazioetan oso erabilia diren fasean lotutako begiztetan (*Phase Locked Loop*, PLL) ere erabiltzen da. Berrelikadura positiboa duten sistemak elektroniketan ere asko erabiltzen dira; osziladoreak dira adibiderik nabarmenena. Jay Forrester, sistemen dinamikaren sortzailetzat jotzen dena, ados egongo zatekeen honekin guztiarekin, bera ere ingeniari elektronikoa izan baitzen.

Giza zibilizazioaren kasuan, puntu horrek bi gauza eskatzen ditu. Lehenengoa da argi izan behar dugula zein den gure helburu zibilizatorioa. Helburu argirik gabe, ezinezkoa da berrelikadura negatiborik aplikatzea. Bigarrena da onartu behar dugula sistema sozioproduktiboaren hazkundera ezin dela helburu bat izan berez, baizik eta helburu nagusiak baldintzatutako eta kontrolatutako zerbait, hau da, erregimen geldikorra lortzea –behetik edo goitik, ekonomiaren tamainari dagokionez–.

Hori da, zalantzarik gabe, gaur egungo gizarteak aurrean duen erronka nagusietako bat. Zibilizazio modernoa sistema ekonomiko kapitalistak gidatzen du, hein handi batean. Sistema horrek kapitala metatzeko logika bat ezartzen du, eta logika hori ekoizpen-sistemaren tamainaren etengabeko hazkunderaren bidez soilik mantentzen da. Sistema hori berrikuntza-motorra eta pertsona askorentzat ongizate-hornitzailea da, nahiz eta inpaktu handiak, kasu honetan kaltegarriak, eragin dituen biosferan. Hazkunde hori sortu eta mantendu izana ere ez da sufrimendu izugarrietatik salbuetsita egon, baliabideen harraparitzaren, ondasun komunaren apropiazioaren eta kolonialismoaren historia luzean zehar (Hickel, 2023). Gizateriak kapitalismoaren osteko (post-kapitalismo) garapen-eredu berri bat lortu behar du, ez hainbeste kapitalaren etekinak asetzeko hazkunde ekonomikoa maximizatzean zentratuta, baizik eta sistemaren pilotatzea⁶ erregulatzean, pertsona guztien ongizatean ardaztutako egoera geldikor horretarantz, eta gainerako ekosistemarekin bat eginez. Pilotatze horrek, ezinbestean, gure nahien eta beharren automugaketa kontzientea onartu eta barneratu beharko ditu (Kallis, 2021), inurri erreginak hegan egin ahal izan arren, unea iritsita, airea kolonizatzeari uko egin eta hegoak mozten dituen bezala, lur azpian agintari izateko.

Gizakiok ez gara inurriak, eta gure gobernu gehiago oinarritu behar da eztabaida demokratikoetan (eztabaida aske eta informatuetan), berrelikatze-mekanismo fisiologikoetan baino. Hala ere, oso egokia litzateke zenbait gauzatan behintzat inurriak baikinari jokatzea.

⁶ Sistemen erregulazioa eta kontrola aztertzen duen zientziari zibernetika deitzen zaio, grekerazko *kybernētikē*-tik datorrena, ontziak pilotatzearen teknika, "gobernu" hitzaren jatorria ere badena.

7. Erreferentziak

- BARDI, Ugo (2020): *Before the Collapse, Before the Collapse*, Springer International Publishing.
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-29038-2>
- BARDI, Ugo, FALSINI, Sara eta PERISSI, Ilaria (2019): "Toward a General Theory of Societal Collapse: A Biophysical Examination of Tainter's Model of the Diminishing Returns of Complexity", *BioPhysical Economics and Resource Quality*, 4:1 4, 1–9.
<https://doi.org/10.1007/S41247-018-0049-0>
- BUENO, Gorka (2024): Inurriak baikin. Dokumentu osagarriak.
<http://hdl.handle.net/10810/69566>
- DIAMOND, Jared (2006): *Colapso: por qué unas sociedades perduran y otras desaparecen*, 1. argitalpena. Debate.
- FERNÁNDEZ DURÁN, Ramón eta GONZÁLEZ REYES, Luis (2024): *En la espiral de la energía. Volumen II: Colapso del capitalismo global y civilizatorio*, 4. argitalpena. Libros en Acción, Madrid.
- FOITZIK, Susane eta FRITSCHE, Olaf (2021): *Empire of ants: the hidden worlds and extraordinary lives of earth's tiny conquerors*, The Experiment, LLC.
- HICKEL, Jason (2023): *Menos es más*, Capitán Swing.
- KALLIS, Giorgos (2021): *Límites: Ecología y libertad*, Arcadia.
- MEADOWS, Donella H., MEADOWS, Dennis L., RANDERS, Jørgen eta BEHRENS III, William (1972): *The Limits to Growth. A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*, Universe Books.
- MIDDLETON, Guy D (2017): *Understanding collapse: Ancient history and modern myths, Understanding Collapse: Ancient History and Modern Myths*, Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/9781316584941>
- MOBUS, George E. eta KALTON, Michael C. (2015): *Principles of Systems Science. Understanding Complex Systems*.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1920-8>
- SANTIAGO MUIÑO, Emilio (2023): *Contra el mito del colapso ecológico*, 1. argitalpena. Arpa.
- SERVIGNE, Pablo eta STEVENS, Raphael (2020): *Colapsología*, Arpa.
- TAIBO, Carlos (2020): *Colapso: capitalismo terminal, transición ecosocial, ecofascismo*, Catarata.
- TAINTER, Joseph A. (2006): "Social complexity and sustainability", *Ecological Complexity*, 3, 91–103.
<https://doi.org/10.1016/J.ECOCOM.2005.07.004>
- TAINTER, Joseph A. (1988): *The collapse of complex societies*, Cambridge University Press.
- TURIEL, Antonio (2022): *Sin energía. Pequeña guía para el Gran Descenso*, Alfabeto.

1. **Garapenari buruzko pentsamenduaren bilakaera: teoriak, estrategiak eta adierazleak.** Luis Guridi, Hegoa Institutua Ekonomia Aplikatua I Saila. 2017.
2. **Garapena eta iraunkortasuna: bilakaera, bateragarritasuna eta ikuspegiak.** Iker Etxano Gandariasbeitia, Ekonomia Aplikatua I Saila, UPV/EHU. 2017.
3. **Garapena feminismotik aztertzen.** Yolanda Jubeto Ruiz, Mertxe Larrañaga Sarriegi, Hegoa Institutua, Ekonomia Aplikatua I Saila, Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU.
4. **Garapenerako lankidetzeta eta bere bilakaera.** Irati Labaien Egiguren, Jorge Gutiérrez Goiria, Hegoa Institutua, Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU.
5. **Amildegia so: krisi ekosozialari aurre egiteko zenbait oinarri.** Joseba Azkarraga Etxagibel, Soziologia Saila, Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU.
6. **Migrazioak eta garapena Win-win agertokia posible ote?** Gorka Moreno Márquez, Xabier Aierdi Urraza, Ikuspegi – Euskal Immigrazioaren Behatokia. Euskal Herriko Unibertsitatea.
7. **Ekonomia soziala: Ikerketa-objektua eta analisirako lanabesak.** Enekoitz Etxezarreta Etxarri, Juan Carlos Pérez de Mendiguren Castresana, Ekonomia Aplikatua I Saila. Gezki Institutua. Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU. Enpresen Antolaketa Saila. Hegoa Institutua. Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU.
8. **Globalizazioa eta tokiko garapena.** Mikel Zurbano, Elena Martínez Tola, Xabier Gainza, Pablo Arrillaga, Ekonomia Aplikatua I Saila, Euskal Herriko Unibertsitatea.
9. **XXI. mendeko pobrezia. Benetan ezabatzeko proposamenak.** Alfonso Dubois Migoya, UPV/EHUko irakasle erretiratua, Hegoa Institutua.
10. **Elikadura-sistemak: Elikadura Burujabetzaren eta Agroekologiaren estrategia askatzaileak.** Efen Areskurrinaga Mirandona, Ekonomia Aplikatua I UPV/EHU eta Hegoa Institutua. Mirene Begiristain Zubillaga, Finantza Ekonomia II UPV/EHU eta Hegoa Institutua. Eduardo Malagón Zaldua, Ekonomia Aplikatua V UPV/EHU Hegoa Institutua.
11. **2030 Agenda eta Garapen Jasangarrirako Helburuak: jatorria, edukia eta jarraipena.** Andrés Fernando Herrera Herrera, HEGOIA Institutua, Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU).
12. **Gobernantza eta herritarren partaidetza.** Jone Martínez-Palacios, Andere Ormazabal Gaston, Igor Ahedo Gurrutxaga, EHUko Politika Zientzia eta Administrazio Saileko kideak eta demokrazia partizipatiboari buruzko Parte Hartuz ikerketa-taldeko ikertzaileak.
13. **Gatazka armatuak, bakea eta garapena.** Itziar Mujika Chao eta iker zirion landaluze, UPV/EHUko Nazioarteko Zuzenbide Publikoa, Nazioarteko Harremanak eta Zuzenbidearen Historia Saileko irakasleak, eta Hegoa Nazioarteko Lankidetzeta eta Garapenari Buruzko Ikasketa Institutuko ikertzaileak.
14. **Finantza etikoak, ekonomia solidarioa sustatzeko tresna ekonomikoak eta politikoak.** Cristina de la Cruz-Ayuso, Deustuko Unibertsitateko irakaslea eta ikertzailea. Pedro Arrupe Giza Eskubideko Institutua.
15. **Merkatu soziala: Ekonomia Solidarioa hedatzeko estrategia.** Carlos Askunze Elizaga, REAS Euskadi. María Angeles Díez López, UPV/EHUko Hegoa Institutua eta REAS Euskadi.

16. Kontabilitate Finantzarioaren begirada zabalduz Gizarteari eta Naturari buruzko informaziora. Gizarte Kontabilitatearen jatorria, eboluzioa eta etorkizuneko erronkak. Ainhoa Garayar, Ekonomia eta Enpresa Fakultatea –Gipuzkoako Atala–. Maider Aldaz, Ekonomia eta Enpresa Fakultatea –Gipuzkoako Atala–. Igor Alvarez, Ekonomia eta Enpresa Fakultatea –Gipuzkoako Atala–. Jone Arocena, Gestoría Aguirre Gestión.
17. Txina: Garapen eredia birbideratzea eta munduko ekonomian zeregin berria. Juan Barredo-Zuriarrain, Euskal Herriko Unibertsitateko Ekonomia Aplikatua I Saileko irakasle laguntzailea. Ricardo Molero Simarro, Madrilgo Unibertsitate Autonomoko Egitura Ekonomikoko eta Garapenaren Ekonomia Saileko irakaslea.
18. Happykrazia: psikologia positiboaren hedapena eta bizitzaren psikopatologizazioan duen eragina. Maria Lopez Castillo, HEGOA/EHUko Globalizazioa eta Garapena Masterreko ikasle ohia. Galdakao-Usansolo Ospitaleko erizaina.
19. Herri Administrazioaren eraketak: berdeak, sozialak, berritzaileak... arduratsuak Artizar Erauskin, Ekonomia Aplikatua I Saila. Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU.
20. Klima-aldaketari buruzko hitzaurrea: inpaktuak eta egokitzapena. Elisa Sainz de Murieta, Basque Centre for Climate Change (BC3), 48940 Leioa. Marta Escapa1, Basque Centre for Climate Change (BC3), 48940 Leioa, Anlisi Ekonomikoko Saila, EHU.
21. Sumak kawsay, buen vivir, bizitze ona: Garapenari alternatiben bila. Unai Villalba-Eguiluz, UPV/EHUko Ekonomia Aplikatua Saileko irakasle-ikertzailea. Ekonomia eta Enpresa Fakultatea-Araba.
22. Errenta eta aberastasun banaketaren desperekotasuna munduan. Patxi Zabalo Arena. Ekonomia Aplikatuko Institutua eta Hegoa Institutua, UPV/EHU.
23. Pobrezia generoaren ikuspegitik aztertze gakoak. M^a Luz de la Cal Barredo. Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea. Lan Harremanen eta Gizarte Lanaren Fakultatea.
24. Nazioarteko merkataritza globalizazioaren garaian: aurrekariak, ezaugarriak, arauak, eztabaidak, eta ingurumariak. Eduardo Bidaurratzaga Aurre, Elena Martinez Tola. Hegoa-UPV/EHU.
25. Turismoa garapen-tresna gisa lurralde pobretuetan. Josu Benito Andikoetxea. Garapena eta Nazioarteko Lankidetzeta Masterreko ikasle ohia. HEGOA Institutua UPV/EHU.
26. Etxebizitza beharra eta ekonomia kolaboratiboa: cohousing fenomeno. Maddi Montero. Ekonomia eta Enpresa zientzietan Graduatua da. Aitziber Etxezarreta. Ekonomian doktorea eta UPV/EHUko Ekonomia Aplikatua Saileko irakaslea da, eta GEZKiko (Gizarte Ekonomia eta Zuzenbide Kooperatiboaren Institutua) idazkaria.
27. Megaproiektuak Hazten ari den fenomeno korporatibo baten ikuspegi globala. Gonzalo Fernández. OMAL-Paz con Dignidad elkarteko ikerlaria. Erika González. OMAL-Paz con Dignidad elkarteko ikerlaria. Juan Hernández. OMAL-Paz con Dignidad elkarteko ikerlaria. Pedro Ramiro. OMAL-Paz con Dignidad elkarteko ikerlaria.
28. Gizarte Eraldaketarako Hezkuntza edo itzaropenaren alde borrokatzeko erronka. Gema Celorio Díaz. Hegoaren Hezkuntza Taldea. Juanjo Celorio Díaz Hegoaren Hezkuntza Taldea. Amaia del Río Martínez Hegoaren Hezkuntza Taldea. Iris Murillo Hidalgo Hegoaren Hezkuntza Taldea.
29. Komunikazioa eta garapena: joan-etorriko bidaia bat. Laura Feal Sánchez.
30. Munduko ekonomiaren erronka demografikoak. Ángeles Sánchez Díez. Madrilgo Unibertsitate Autonomoa.

31. **Zaintza eta zahartzaroa: XXI. mendeko erronkak.** Matxalen Legarreta-Iza. Soziologia eta Gizarte Langintza Saila. Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU. Uzuri Castelo Moñux. Soziologia eta Gizarte Langintza Saila. Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU. Alaitz Uriarte Goikoetxea. Soziologia eta Gizarte Langintza Saila. Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU. Mainer Barañano Uribarri. Soziologia eta Gizarte Langintza Saila. Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU. Marina Sagastizabal Emilio-Yus. Soziologia eta Gizarte Langintza Saila. Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU.
32. **Ekofeminismoak. Bizitzari eustea eta gorputza-lurra lurraldea zaintzea.** Amaia Pérez Orozco. Colectiva XXK. Feminismoak, pentsamendua eta ekintza.
33. **Sexu eta genero aniztasuna aztertzeko gakoak.** Aimar Rubio Llona. Hegoako Kolaboratzailea, UPV/EHU.
34. **Zientzia eta feminismoak: zientziari bizitzaren iraunkortasunetik begiratzen.** Vane Calero Blanco. Sorkin, alboratorio de saberes / jakintzen iraultegia.
35. **Garapen jasangarriaren oinarri esentzialistak. 2030 Agendaren inguruko gogoeta filosofikoa.** Juan Telleria. Filosofia Saila, PRAXIS ikerketa taldea eta Hegoa Institutua. Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU.
36. **Inurriak baikinan. Kolapsoa ez da saihestezina gizarte konplexuetan.** Gorka Bueno. Ekopol ikerketa-taldea. Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU.

